



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ**  
**ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ**  
**ΛΙΜΝΗΣ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΜΗΣΙΑΛΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ 2010**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ  
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΗΣ  
ΛΙΜΝΗΣ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑΣ**

### **Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

- **Άρης Ψιλοβίκος**, Επίκουρος Καθηγητής Αειφορικής Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.
- **Κωνσταντίνος Κορμάς**, Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής Οικολογίας της Υδάτινης Στήλης με Έμφαση στα Τροφικά και Μικροβιακά είδη, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.
- **Μάριος Σαπουντζής**, Λέκτορας Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, Σχολή Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, **Μέλος**.

## **ΣΤΗ ΣΥΝΤΡΟΦΟ ΜΟΥ**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τίτλο «Αειφορική Διαχείριση Υδατικού Περιβάλλοντος».

Το θέμα της Μ.Δ.Ε. είναι :

«Διερεύνηση του υδατικού ισοζυγίου και της ποιότητας των υδάτων της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας». Η διατριβή αυτή αποτελεί καρπό μιας επίμονης ερευνητικής προσπάθειας, που είναι ενταγμένη στο πλαίσιο της ερευνητικής δραστηριότητας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά :

- Τον επιβλέποντα της Μ.Δ.Ε., Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Άρη Ψιλοβίκο, για την υπόδειξη του θέματος, τις εύστοχες παρατηρήσεις, τις διορθώσεις και όλη την εποικοδομητική συνεργασία που είχαμε κατά το διάστημα εκπόνησης της εργασίας, συμβάλλοντας έτσι στην ορθή εκπόνηση και τελική συγγραφή της εργασίας.
- Το μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, Μόνιμο Επίκουρο Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κορμά, για τη χρήσιμη συζήτηση.
- Το μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, Λέκτορα κ. Μάριο Σαπουντζή, για το χρόνο που διέθεσε και τις εποικοδομητικές κρίσεις του, συμβάλλοντας έτσι στην ορθή συγγραφή της συγκεκριμένης εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη να μην ευχαριστήσω το Διευθυντή του μεταπτυχιακού προγράμματος, Καθηγητή κ. Χρήστο Νεοφύτου για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, τους κ. Άνθιμο Σπυρίδη και τη κα. Βασιλική Κουτάλου για τη χορήγηση των στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την ολοκλήρωση της εργασίας, αλλά και όσους δεν αναφέρονται επωνύμως, η βοήθεια των οποίων ήταν καταλυτική για τη διεκπεραίωση αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λίμνη Βεγορίτιδα είναι αναπόσπαστο κομμάτι του Δήμου Αμυνταίου, καθώς επίσης και της ζωής των κατοίκων της γύρω περιοχής. Οι ιστορίες και οι θρύλοι που σχετίζονται με τη λίμνη, καταδεικνύουν την έντονη σχέση μεταξύ αυτής και των κατοίκων της περιοχής.

Ο ανθρώπινος παράγοντας επηρέασε αρνητικά τη λίμνη. Μόλις τα τελευταία χρόνια άρχισε να δίνεται η δέουσα προσοχή στα προβλήματα που δημιουργήθηκαν και να γίνονται προσπάθειες για την αντιμετώπισή τους. Η άγνοια των κατοίκων για τις δυσμενείς επιπτώσεις που θα ακολουθούσαν, καθώς επίσης και η ανάγκη για περισσότερη καλλιεργήσιμη γη και νερό για άρδευση, οδήγησαν στην αποξήρανση του μεγαλύτερου μέρους της λίμνης. Οι συνέπειες από την οικολογική αυτή καταστροφή είναι φανερές ακόμα και σήμερα. Η χλωρίδα και η πανίδα του οικοσυστήματος επηρεάστηκαν σημαντικά και υποβαθμίστηκε η ποιότητα των νερών της λίμνης.

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή, επηρεάζονται σημαντικά από τη λίμνη και χαρακτηρίζονται από έντονες βροχοπτώσεις, ομίχλη και υγρασία, καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια του έτους. Η λίμνη, χαρακτηρίζεται από έντονο ευτροφισμό, τον οποίο επιβεβαιώνουν και οι δειγματοληψίες που έγιναν την περίοδο 1999 – 2000.

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής της λίμνης βεγορίτιδας δεν πραγματοποιήθηκαν πιο πρόσφατες δειγματοληψίες, οι οποίες θα έδιναν με σαφήνεια την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η λίμνη την παρούσα χρονική περίοδο.

Ο έντονος ευτροφισμός που παρουσιάζεται στη λίμνη, έχει ως αποτέλεσμα να απαντώνται και οι τρεις κατηγορίες οργανισμών που είναι απαραίτητες σε ένα

οικοσύστημα, σε αναλογίες που αποκλίνουν από τα φυσιολογικά επίπεδα. Ο ρόλος της λίμνης ήταν ανέκαθεν σημαντικός για τους κατοίκους της περιοχής, γι' αυτό και οι χρήσεις της είναι ποικίλες και περιλαμβάνουν την αλιεία, την άρδευση, το ναυταθλητισμό, την αναψυχή, τον τουρισμό και τη βόσκηση σε περιορισμένη έκταση. Κάποιες από τις προαναφερθείσες δραστηριότητες είναι συγκεντρωμένες σε συγκεκριμένες περιοχές της λίμνης και όχι διεσπαρμένες σε όλη την έκτασή της, επιβαρύνοντας αρκετά τις εν λόγω περιοχές.

Επιπρόσθετα, η λίμνη καταπατείται τόσο από τους τοπικούς φορείς, όσο και από ιδιώτες που δραστηριοποιούνται περιμετρικά της, με αποτέλεσμα να προκαλούνται αλλοιώσεις στη φυσιογνωμία της με την πάροδο του χρόνου. Η υπεράντληση και η έλλειψη ενός ορθολογικού σχεδίου για τη διαχείριση των υδατικών πόρων και την περιβαλλοντική αποκατάσταση της περιοχής, συμβάλλουν στη σημερινή κατάσταση που επικρατεί.

Ο ανθρώπινος παράγοντας ευθύνεται, επίσης, για την αύξηση των ρύπων που εισέρχονται στη λίμνη και αυξάνουν περαιτέρω το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η μείωση της στάθμης και του όγκου των υδάτων της λίμνης, καθώς και οι αργοί ρυθμοί ανανέωσής τους, καθιστούν απαραίτητο τον εμπλουτισμό της με νερό, γιατί παρατηρήθηκε ότι το υδρολογικό έτος 1995 – 96 η στάθμη της λίμνης έπεσε από τα +542 m στα +510 m. Ωστόσο δεν έχει πραγματοποιηθεί ακόμα καμία ενέργεια για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού. Εν κατακλείδι, η κατάσταση της λίμνης είναι πολύ επιβαρυσμένη και η ανάγκη λήψης μέτρων αποκατάστασης είναι πλέον επιτακτική.

Την περίοδο 1992 – 2002, που αποτελεί περίοδο εξέτασης κατά την παρούσα εργασία, βλέπουμε ότι το ισοζύγιο της λίμνης ήταν διαφορετικό στις αρχές της δεκαετίας και σήμερα. Από την επίλυση του μοντέλου του υδατικού ισοζυγίου έχει προκύψει ότι οι υπόγειες εκροές της λίμνης προς τον υδροφόρο ορίζοντα ανέρχονται



σε  $60 * 10^6 \text{ m}^3$  για το υδρολογικό έτος 1993 – 94. Για τα άλλα υδρολογικά έτη είναι διαφορετικές και κυρίως για τα έτη που η στάθμη της λίμνης βρίσκεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα, ιδίως πάνω από τα +525 m. Την τελευταία πενταετία, οι υπόγειες εκροές της Βεγορίτιδας ανέρχονται σε  $5*10^6 \text{ m}^3$  περίπου σε ετήσια βάση.

Το πρόβλημα που εντοπίζεται στη λίμνη Βεγορίτιδα προσδιορίζεται με τη μεταβολή των φυσικών χαρακτηριστικών της λίμνης, την εμφάνιση ρύπανσης και την αλλαγή διάφορων χαρακτηριστικών της, τα οποία είναι ο υποδιπλασιασμός σχεδόν όλων των φυσικών μεγεθών της λίμνης, π.χ. η έκταση της στα μέσα του προηγούμενου αιώνα ήταν  $75 \text{ km}^2$ , ενώ σήμερα ανέρχεται στα  $45 \text{ km}^2$  και παράλληλα το βάθος της από τα 85 m μέτρα μειώθηκε στα 48 m.

Η παρούσα εργασία δίνει τα αποτελέσματα του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας, για τη δεκαετία 1992 – 2002, καθώς επίσης και αποτελέσματα αποσπασματικών μετρήσεων της ποιότητας, τόσο της λίμνης Βεγορίτιδας, όσο και των γειτονικών λιμνών (Πετρών, Ζάζαρης, Χειμαδίτιδας) που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ενιαίας λεκάνης απορροής της.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	σελ 13
1.1 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	σελ 13
1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ .....	σελ 16
1.2.1 Ιστορική αναδρομή στη διαχείριση των υδατικών πόρων .....	σελ 16
1.2.2 Θεωρία και πρακτική στη διαχείριση των υδατικών πόρων .....	σελ 18
1.2.3 Το θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων .....	σελ 20
1.2.3.1 Οδηγία πλαίσιο 2000/60/ΕΕ .....	σελ 20
1.2.3.2 Νόμος 3199/03.....	σελ 21
1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	σελ 22
<b>2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ</b> .....	σελ 24
2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	σελ 24
2.1.1 Ιστορικά στοιχεία και σημερινή κατάσταση .....	σελ 24
2.1.2 Γεωγραφική θέση .....	σελ 25
2.1.3 Μορφολογικά χαρακτηριστικά .....	σελ 27
2.1.4 Γεωλογία .....	σελ 30
2.1.5 Εδαφολογία.....	σελ 34
2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	σελ 38
2.2.1 Υδρομετεωρολογικά και κλιματικά δεδομένα .....	σελ 38
2.2.1.1 Θερμοκρασία .....	σελ 38
2.2.1.2 Σχετική Υγρασία .....	σελ 40
2.2.1.3 Νέφωση .....	σελ 41

2.2.1.4	<i>Ηλιοφάνεια</i>	σελ 43
2.2.1.5	<i>Βροχόπτωση</i>	σελ 43
2.2.1.6	<i>Άνεμος</i>	σελ 44
2.2.1.7	<i>Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί</i>	σελ 45
2.2.2	<i>Λιμνολογικά Δεδομένα</i>	σελ 57
2.2.2.1	<i>Γενικά στοιχεία και λεκάνη απορροής</i>	σελ 57
2.2.2.2	<i>Λίμνη Βεγορίτιδα</i>	σελ 59
2.2.2.3	<i>Λίμνη Πετρών – Σήραγγα Άρνισσας</i>	σελ 63
2.2.2.4	<i>Λίμνες Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης</i>	σελ 64
2.2.2.5	<i>Ποταμός Σουλού</i>	σελ 67
2.2.2.6	<i>Χλωρίδα και Πανίδα Βεγορίτιδας</i>	σελ 68
2.2.2.7	<i>Η χρήση της λίμνης Βεγορίτιδας</i>	σελ 72
2.2.3	<i>Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών</i>	σελ 72
2.2.3.1	<i>Γεωαναφορά</i>	σελ 73
2.2.3.2	<i>Σχεδιασμός της λεκάνης απορροής</i>	σελ 75
2.2.3.3	<i>Διαίρεση σε υπολεκάνες</i>	σελ 78
2.2.3.4	<i>Προσδιορισμός των υπολεκάνων</i>	σελ 81
<b>3.</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	σελ 84
3.1	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	σελ 84
3.2	<b>ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ</b>	σελ 86
3.3.	<b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ</b>	σελ 89
3.4	<b>ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ</b>	σελ 89
3.5	<b>ΑΠΟΡΡΟΗ</b>	σελ 93
3.5.1	<b>Υπολογισμός απορροής</b>	σελ 94

3.5.2	Υπολογισμός υδατικού ισοζυγίου.....	σελ 106
3.5.3	Υπολογισμός συντελεστή απορροής.....	σελ 108
3.6	ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ .....	σελ 110
3.5.1	Λίμνη Βεγορίτιδα.....	σελ 110
3.5.2	Λίμνη Πετρών.....	σελ 113
3.5.3	Λίμνη Ζάζαρη .....	σελ 116
<b>4.</b>	<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....</b>	<b>σελ 118</b>
<b>5.</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>σελ 124</b>
<b>6.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>σελ 129</b>

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο ρυθμός ανάπτυξης μιας χώρας προϋποθέτει την ύπαρξη ικανού δυναμικού υδατικών πόρων καλής ποιότητας, για την ικανοποίηση της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης τους για γεωργική, βιομηχανική και αστική χρήση. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η κατανομή των υδατικών πόρων της Γης είναι άνιση, και υπάρχουν μεγάλες περιοχές, όπου οι κάτοικοι αντιμετωπίζουν έντονα το πρόβλημα της λειψυδρίας. Η κατάσταση αυτή οφείλεται :

- Στη μεγάλη αύξηση του πληθυσμού της Γης.
- Στη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου με ταυτόχρονη αύξηση αστικοποίησης, που έχει ανεβάσει κατακόρυφα την κατανάλωση του νερού.
- Στην κακή ή πλήρη έλλειψη μιας ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, 22 χώρες στην Αφρική και στην Ασία πλήττονται από το πρόβλημα της λειψυδρίας και εκτιμάται ότι το 2025 ένας στους τρεις κατοίκους της Γης, δηλαδή 3,5 δισεκατομμύρια άνθρωποι σε 52 χώρες, θα ζουν σε καθεστώς λειψυδρίας. Έτσι, ορισμένοι αναλυτές θεωρούν ότι τοπικοί πόλεμοι των επόμενων ετών θα ξεσπάσουν για τον έλεγχο των αποθεμάτων νερού. Η Ελλάδα μπορεί γενικά να χαρακτηριστεί ως πλούσια χώρα σε υδατικούς πόρους, σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία και σύμφωνα με την πρόσφατη έκθεση του Ο.Ο.Σ.Α. (Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης) για την κατάσταση του περιβάλλοντος στην Ελλάδα. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, εκτιμάται ότι:

- Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης είναι περίπου 850 mm, που αντιστοιχεί σε 115 Gm<sup>3</sup>.
- Η μέση ετήσια επιφανειακή απορροή ανέρχεται σε 60 Gm<sup>3</sup>, ενώ εκτιμάται ότι το ετήσιο δυναμικό των υπογείων υδάτων ανέρχεται σε 2,5 Gm<sup>3</sup>.

Το δυτικό μέρος της Ελλάδας είναι πολύ ευνοημένο σε υδατικά αποθέματα, και με έκταση που ανέρχεται περίπου στο 37% της συνολικής έκτασης της χώρας έχει μέσο ετήσιο όγκο βροχοπτώσεων που καλύπτει περίπου το 48,3% της συνολικής βροχόπτωσης της χώρας μας. Οι ρυθμοί αυτοί μας αποκαλύπτουν ότι υπάρχει μια άνιση κατανομή βροχής μεταξύ ανατολικής και δυτικής Ελλάδας, με όριο την οροσειρά της Πίνδου, με επέκταση και στην Πελοπόννησο (Μιμίκου, 1994). Ανάλογα συμπεράσματα, βέβαια, προκύπτουν και για τις επιφανειακές απορροές και τα υπόγεια νερά, με τη σημείωση ότι στις επιφανειακές απορροές η Μακεδονία με τη Θράκη καλύπτουν περίπου το 42,8% του συνόλου, πλην όμως στην περίπτωση αυτή, υπάρχουν και απορροές που προέρχονται από όμορες χώρες, με τις οποίες δεν έχει γίνει ακόμη κάποια οριστική συμφωνία για το μοίρασμα των νερών.

Ενώ λοιπόν η Ελλάδα εμφανίζεται αρκετά πλούσια σε υδατικούς πόρους εντούτοις, υφίστανται τα εξής :

- Υπάρχει ο εφιάλτης της λειψυδρίας σε αρκετές περιοχές της Ελλάδας σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή.
- Ο υπόγειος ορίζοντας έχει κατέβει σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Θεσσαλική πεδιάδα, στην οποία η άντληση γίνεται πλέον από τα 300 έως τα 500 m από την επιφάνεια του εδάφους.
- Ένα μεγάλο μέρος των επιφανειακών υδάτων, αλλά και των υπογείων υδατικών πόρων έχει ρυπανθεί από τη βιομηχανία και τα φυτοφάρμακα.

- Το θαλασσινό νερό έχει εισχωρήσει σε μεγάλο βάθος στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα σε πολλές παραθαλάσσιες περιοχές, οι οποίες έχουν υφαιμυρυνθεί με χαρακτηριστικά παραδείγματα τον Αργολικό κάμπο, αλλά και την περιοχή της Σίνδου και του Καλοχωρίου Θεσσαλονίκης.
- Υπάρχουν χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες εμφανίζονται έντονα αιχμηρές βροχοπτώσεις, που κάνουν δύσκολη τη ζωή των ανθρώπων ειδικά στις μεγάλες πόλεις, με μεγάλες καταστροφικές πλημμύρες και σημαντικές οικονομικές ζημίες στη χώρα μας.
- Υπάρχουν, επίσης, χρονικές περίοδοι με έντονη ξηρασία με τη συνεπακόλουθη λειψυδρία και με τεράστιες επιπλέον ζημίες στις καλλιέργειες και κατά συνέπεια στην Ελληνική οικονομία (Μιμίκου, 1994).

Εδώ θα πρέπει κανείς να διακρίνει τα αίτια των παραπάνω γεγονότων σε δύο παράγοντες (Ψιλοβίκος, 2005):

1. Στα υδρολογικά γεγονότα, τα οποία παρουσιάζουν περιοδικότητες σε μικρά και μεγάλα χρονικά διαστήματα, και είναι φυσικά πολύ δύσκολο για τον επιστημονικό κόσμο να εξαγάγει συμπεράσματα, καθώς οι μετρήσεις των υδρολογικών γεγονότων στην Ελλάδα είναι στην πλειοψηφία τους μικρού χρονικού εύρους, με εξαίρεση εκείνες του Αστεροσκοπείου Αθηνών, που λειτουργεί από 1860 και του Μετεωροσκοπείου Θεσσαλονίκης, που λειτουργεί από το 1930.
2. Στις ανθρωπογενείς επεμβάσεις στη χώρα μας, οι οποίες στο σύνολο τους υπήρξαν καταστροφικές. Μπορεί να αναφέρει κανείς :
  - Την αποδάσωση της χώρας μας και τη συνεχιζόμενη διάβρωση του εδάφους. Συγκεκριμένα οι δασικές εκτάσεις, κάλυπταν περίπου το 40% της συνολικής έκτασης, στην αρχή του 19<sup>ου</sup> αιώνα και σήμερα το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 18%, με τάσεις διαρκούς μείωσης.

- Την αλόγιστη αστικοποίηση στις περισσότερες περιοχές της Ελλάδας, με συνέπεια την αύξηση της απορροής σε περίπτωση βροχοπτώσεων.
- Την κάλυψη των χειμάρρων σε όλες τις αστικές περιοχές και ειδικά τα τμήματα αυτών που εκβάλλουν στους φυσικούς τους αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες). Έτσι, σε περίπτωση πλημμύρων, οι χείμαρροι, έχοντας κλειστή τη δίοδο προς το φυσικό τους αποδέκτη, υπερχειλίζουν μέσα στις πόλεις με όλες τις τραγικές συνέπειες.
- Τη ρύπανση των επιφανειακών νερών από τις διάφορες βιομηχανίες που διοχετεύουν τα απόβλητα τους σε διάφορους ποταμούς, λίμνες και χείμαρρους χωρίς την παραμικρή επεξεργασία.
- Την αλόγιστη χρήση των φυτοφαρμάκων εκ μέρους των καλλιεργητών, με αποτέλεσμα να μολύνονται καθημερινά οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες, αλλά και τα επιφανειακά νερά, τα οποία με το σύστημα των αποστραγγιστικών τάφρων εκβάλλουν σε ποτάμια, λίμνες και χείμαρρους και τους ρυπαίνουν.

## **1.2 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

### **1.2.1 Ιστορική αναδρομή της διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα**

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη της χώρας σε όλους τους τομείς προκάλεσε την αύξηση της ζήτησης του νερού. Η συνεχής επέκταση των αρδεύσεων, η ανεξέλεγκτη κατασκευή αυθαίρετων ιδιωτικών γεωτρήσεων, οι ανάγκες για χρήση νερού στη βιομηχανία, ο ταχύς ρυθμός ανάπτυξης του τουρισμού, η ραγδαία και άναρχη εξέλιξη των αστικών κέντρων, οδήγησαν στη δημιουργία σοβαρών προβλημάτων στη διαθεσιμότητα του νερού. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων



αυτών, ήταν αναγκαία η χάραξη μιας συνεπούς πολιτικής για το νερό σε εθνικό επίπεδο. Μίας πολιτικής που θα στηρίζεται στην ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος – χρήση του». Η πολιτική πρακτική που ασκήθηκε μέχρι τώρα χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα (Σιούτης, 1989).

- Έλλειψη συστηματικής και αξιόπιστης καταγραφής και αξιολόγησης του φυσικού υδατικού συστήματος από ποσοτικής και ποιοτικής άποψης, καθώς και έλλειψη επαρκών μετρήσεων των υδρολογικών παραμέτρων.
- Έλλειψη ορθολογικά οργανωμένου δικτύου συλλογής πληροφοριών και ενιαίας βάσης για την καταχώριση τους.
- Χαμηλός βαθμός αξιοπιστίας των στοιχείων που υπάρχουν.
- Έλλειψη συντονισμού μεταξύ των αρμόδιων φορέων σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο.
- Καταστροφή υδροφόρων από υπερεκμετάλλευση ή από ανεπιτυχή διαχείριση.

Ένας ορθολογικός υδατικός σχεδιασμός σε μία χώρα επιτάσσει την ικανοποίηση των αναγκών σε άρδευση, ύδρευση, βιομηχανία και ενέργεια και ταυτόχρονα τη διατήρηση της ποσότητας των υδατικών πόρων και του φυσικού περιβάλλοντος σε καλή κατάσταση. Ταυτόχρονα με την πολιτική αυτή, είναι απαραίτητη η προαγωγή της έρευνας για τους υδατικούς πόρους και τη διαχείριση τους, η οποία διεξάγεται κυρίως στα πανεπιστημιακά εκπαιδευτικά ιδρύματα και τα ερευνητικά ινστιτούτα της χώρας. Οποιαδήποτε επέμβαση ή σχεδιασμός θα πρέπει να εξασφαλίζει τη βιωσιμότητα του συστήματος και αυτός ο στόχος αποτελεί σήμερα την κύρια επιδίωξη που υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και τους διεθνείς οργανισμούς στην ανάπτυξη και τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Κατά συνέπεια, με τον όρο «Διαχείριση Υδατικών Πόρων» εννοούμε την επιστημονική και επιχειρησιακή πρακτική της διευθέτησης του ισοζυγίου προσφοράς

και της ζήτησης του νερού, με στόχο την ισότιμη ικανοποίηση των αναγκών σε νερό και τη διατήρηση των περιβαλλοντικών συστημάτων (Τζιμόπουλος & Πλιάτσικα, 2005).

### **1.2.2 Θεωρία και πρακτική της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων**

Η διαχείριση των υδατικών πόρων μπορεί να συνοψιστεί σαν ένα δυναμικό σύστημα δράσεων πέντε επιπέδων (θεσμικό, τεχνολογικό, οικονομικό, κοινωνικό, περιβαλλοντικό), μέσω του οποίου επιδιώκεται, συνήθως εμπειρικά, η κάλυψη των προαναφερθείσων αναγκών σε νερό, με το βέλτιστο αναπτυξιακό, οικονομικό και κοινωνικό περιβαλλοντικό αποτέλεσμα. Οι αρχές της διαχείρισης των υδατικών πόρων προήλθαν από την επιχειρησιακή έρευνα (Operations Research and Management Science, OR/MS).

Στη διεθνή πρακτική, η διαχείριση των υδατικών πόρων αντιμετωπίζεται με περισσότερο ή λιγότερο ορθολογισμό, ανάλογα με την παράδοση και το επιστημονικό – τεχνολογικό επίπεδο κάθε χώρας. Στις περιπτώσεις καλής διαχείρισης (Η.Π.Α., Γαλλία) τα πέντε επίπεδα έχουν δοκιμές δομές, καλή συνεργασία και αποτελεσματικές μεθόδους άσκησης και διαχείρισης με εργαλεία που είναι περισσότερο εμπειρικά (Wilson, 1990).

Στην Ελλάδα, οι υδρολογικές και γεωμορφολογικές ανισοκατανομές σε συνδυασμό με τη χρονικά αντίστροφη κατανομή της ζήτησης, καθιστούν δύσκολη αλλά και ταυτόχρονα αναγκαία την πολιτική διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Όσον αφορά στη διαχείριση του όλου συστήματος των υδατικών πόρων, η αντιστοιχία διοικητικής διαίρεσης και υδατικών διαμερισμάτων, καθώς και η πολυδιάσπαση των σχετικών με τους υδατικούς πόρους αρμοδιοτήτων, χωρίς συντονισμό και με ανταγωνιστικές δραστηριότητες σε εθνικό, περιφερειακό και

τοπικό επίπεδο, έχουν το προφανές αποτέλεσμα μιας περιστασιακής και μη ορθολογικής διαχείρισης. Επτά Υπουργεία, πολυάριθμοι Δημόσιοι Οργανισμοί και Ερευνητικά κέντρα, μελετούν, αξιοποιούν και διαχειρίζονται τους υδατικούς πόρους χωρίς συντονιστικό θεσμικό πλαίσιο, πλην του Ν. 1739/87, ο οποίος ουσιαστικά δεν υλοποιήθηκε στην πράξη. Η κατασπατάληση χρηματικών, άλλα και υδατικών πόρων έρχεται σαν φυσική συνέπεια της καταστρατήγησης κάθε έννοιας συνολικής και ολοκληρωμένης ανά υδρολογική ενότητα διαχείρισης (Ψιλοβίκος, 2005). Η κατάσταση δεν φαίνεται να βελτιώνεται σημαντικά, ούτε και με τα προσχέδια νόμων που συντάσσονται για την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Κοινοτική Οδηγία 2000/60/EC (Directive 2000/60/EU, 2000).

Η διαχείριση των υδατικών πόρων έχει σα χωρικό πεδίο αναφοράς τη λεκάνη απορροής. Η λογική της θεσμοθέτησης των Υδατικών Διαμερισμάτων στην Ελλάδα, αποτελούμενων από σύνολο λεκανών απορροής, με κατά το δυνατόν παρόμοιες υδρολογικές – υδρογεωλογικές συνθήκες, στηρίχθηκε στην ανάγκη δημιουργίας ευρύτερων χωρικών ενοτήτων, ικανών από άποψη μεγέθους να αποτελέσουν μια αποδεκτή κλίμακα περιφερειακής διαχείρισης των νερών (Σιούτης, 1989).

Η πολιτική διαχείρισης των υδατικών πόρων της Ελλάδας δεν είναι δυνατόν παρά να προκύψει από τη σύνθεση των διαχειριστικών πολιτικών, που λαμβάνουν υπόψη όλες τις ιδιαιτερότητες ανά Υδατικό Διαμέρισμα. Η κλίμακα προσέγγισης του Υδατικού Διαμερίσματος, ανταποκρίνεται άλλωστε και στη διαθεσιμότητα της υφιστάμενης πληροφορίας και της ποιότητας της. Η συνολική αντιμετώπιση της διαχείρισης μπορεί να ευδοκιμήσει, μόνο εφόσον θεσπιστούν οι προδιαγραφές για μία αξιόπιστη από επιστημονική και πρακτική άποψη προσέγγιση της και στη συνέχεια επιβληθεί η εφαρμογή τους. Η τελική σύνθεση σε εθνικό επίπεδο θα αναδείξει τις ιδιαιτερότητες των επιμέρους πολιτικών διαχείρισης και κυρίως θα οδηγήσει στη λήψη ορθολογικών και μακροπρόθεσμων μέτρων για την άμβλυνση των σημερινών

αντιθέσεων μεταξύ φορέων, περιορίζοντας παράλληλα, δραστικά τη σπατάλη χρηματικών και υδατικών πόρων.

### **1.2.3 Το θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των Υδατικών Πόρων**

Έγινε κατανοητό τις τελευταίες δεκαετίες ότι, για την επίλυση των προβλημάτων που προκύπτουν από την υπερκατανάλωση του νερού είναι απαραίτητη η χάραξη μιας εθνικής υδατικής πολιτικής και η θεσμοθέτηση των διαδικασιών και των οργάνων που θα ασκούν τη διαχείριση του πολύτιμου αυτού αγαθού. Για την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων, επιβάλλεται η ύπαρξη ενός σαφούς και αποτελεσματικού νομοθετικού πλαισίου που να χαρακτηρίζεται από συνοχή. Ενδεικτικά αναφέρεται παρακάτω η Οδηγία 2000/60/ΕΕ και ο Νόμος 3199/03.

#### *1.2.3.1 Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ*

Η Οδηγία 2000/60/ΕΕ διαμορφώνει την υδατική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης και αποβλέπει στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων. Μεγάλη έμφαση δίνεται στις περιβαλλοντικές διαστάσεις της διαχείρισης, καθώς θεωρείται αναγκαίο και υποχρεωτικό να αντιμετωπίζονται τα θέματα της ρύπανσης και της ποιότητας των υδάτων σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα αντικείμενα τη διαχείρισης. Στόχος είναι η βιώσιμη χρήση του νερού, βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδατικών πόρων και η αποκατάσταση όλων των υδατικών συστημάτων της Ευρώπης μέχρι το έτος 2015 στα επίπεδα της «καλής κατάστασης» όπως αυτή ορίζεται από την πενταβάθμια κλίμακα που προκύπτει από τη σύγκριση τους με υδάτινα σώματα αναφοράς.

Η Οδηγία αυτή στοχεύει στη διατήρηση και βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος της Κοινότητας, κυρίως σε ότι αφορά στην ποιότητα των υδάτων,

ώστε να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι που έχουν τεθεί. Για τη διασφάλιση της καλής ποιότητας των υδάτων εισάγονται οικονομικά μέσα, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν προληπτικά με βάση τις αρχές της προφύλαξης και της πρόληψης.

Αυτά είναι:

- Η αρχή της ανάκτησης κόστους, σύμφωνα με την οποία θα πρέπει να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος των φυσικών πόρων στην τιμολόγηση του νερού.
- Η αρχή του «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Οι αρχές των κρατών μελών υποχρεούνται να εναρμονίσουν τη νομοθεσία τους με βάση τη συγκεκριμένη Οδηγία.

#### *1.2.3.2 Ο Νόμος 3199/2003*

Ο Νόμος αυτός αποτελεί την εναρμόνιση της χώρας μας με την Οδηγία 2000/60/ΕΕ. Ο Νόμος αυτός επιδιώκει την εφαρμογή μιας νέας υδατικής πολιτικής για τη χώρα και εισάγει ρυθμίσεις που αποσκοπούν στην:

- Ορθολογική διαχείριση και εκμετάλλευση των Υδατικών Πόρων.
- Ενιαία διαχείριση των υδάτων.
- Προστασία των Υδατικών Πόρων και των Υδατικών Οικοσυστημάτων.

Με την ορθολογική εκμετάλλευση των υδατικών πόρων και με την ολιστική ενιαία προσέγγιση στη διαχείριση, αντιμετωπίζεται το νερό συνολικά σαν φυσικός πόρος, ο οποίος μπορεί να ελεγχθεί συνδυασμένα από τη θέση του στη φύση μέχρι και τη διάθεση του για κατανάλωση.

### 1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία έχει σκοπό την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας, που βρίσκεται ανάμεσα στους Νομούς Φλώρινας και Πέλλας.

Με βάση τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου έγινε προσπάθεια εκτίμησης των παραμέτρων του κύκλου νερού για την περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας, χρησιμοποιώντας την τεχνογνωσία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Στα πλαίσια της εργασίας, μελετήθηκε το κλίμα της περιοχής, μετά από την επεξεργασία των λιγοστών πρωτογενών στοιχείων βροχομετρικών σταθμών, που συλλέχθηκαν για τη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής.

Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης από την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Για την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου, υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τις μεθοδολογίες που κρίθηκαν σε κάθε περίπτωση κατάλληλες, οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται.

Η πρώτη παράμετρος που παίζει σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο είναι τα **ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (P)** που δέχεται η λεκάνη απορροής. Η δεύτερη παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου που αναλύθηκε είναι η **εξατμισοδιαπνοή (E)**. Έγινε εφαρμογή του τύπου του Turc για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής στη λεκάνη απορροής που μελετήθηκε. Η τρίτη παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου που υπολογίστηκε είναι η **απορροή (Q)**, ένα τμήμα της οποίας αποτελεί την επιφανειακή απορροή, η οποία οδηγείται μέσω του υδρογραφικού δικτύου στους αποδέκτες και ένα τμήμα της, την υπόγεια απορροή ή κατείσδυση, η οποία διαπερνά τους γεωλογικούς σχηματισμούς που καλύπτουν τη λεκάνη και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς.

Για την εκτίμηση του ποσοστού της κατείσδυσης χρησιμοποιήθηκε ο υδρογεωλογικός χάρτης της ευρείας περιοχής της Λίμνη Βεγορίτιδας (Χωραφάς, 1957). Με τη χρήση του λογισμικού AutoCad δημιουργήθηκε μια πολυεπίπεδη βάση δεδομένων (ισοϋψείς καμπύλες, υδρογραφικό δίκτυο, υδροκρίτης, λιθολογικοί σχηματισμοί) αναλογικών χαρτών (τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000, υδρολιθολογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000). Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας έδειξε ότι δέχεται ετησίως συνολικό όγκο νερού που ανέρχεται στα 163.279.977,2 m<sup>3</sup>. Η ποσότητα του νερού αυτού χάνεται λόγω της εξάτμισης και της διαπνοής, ενώ ποσότητα νερού 32.734.074,69 m<sup>3</sup> κατεισδύει μέσω της διαπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών, εμπλουτίζοντας τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής.

Σημαντική επέμβαση στον υδρολογικό κύκλο της λεκάνης, αποτελεί η κατασκευή του θυροφράγματος στη λίμνη Χειμαδίτιδα, μέσω του οποίου τα νερά της τροφοδοτούν τη Βεγορίτιδα μέσω της σήραγγας στη λίμνη Πετρών.

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

#### **2.1.1 Ιστορικά στοιχεία και σημερινή κατάσταση**

Η ιστορία της λίμνης Βεγορίτιδας, ξεκινά με ένα θρύλο. Σύμφωνα με το θρύλο αυτό, που τον μνημονεύει ο Αρχαιολόγος Adolph Struck, υπήρχε εποχή όπου στην περιοχή δεν υφίστατο η λίμνη, αλλά μια ωραία κοιλάδα με ένα σπήλαιο στο κέντρο της. Στο σπήλαιο αυτό κατέληγαν δύο χείμαρροι προερχόμενοι ο ένας από τα Νότια και ο άλλος από τα Ανατολικά. Οι χείμαρροι αυτοί, με την είσοδο τους στο σπήλαιο, εξαφανίζονταν, τροφοδοτώντας υπόγειες κοιλότητες. Η παραπάνω ωραία κοιλάδα, έπεσε σε δυσμένεια λόγω του ότι μια κόρη που υβρίσθει από τον πατριό της, καταράστηκε την ανωτέρω κοιλάδα και στη συνέχεια πνίγηκε στα νερά ενός εκ των δύο χειμάρρων. Η συνέχεια αφήνεται στα αγριεμένα στοιχεία της φύσης: καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις προκάλεσαν υπερχειλίση των χειμάρρων, ζώα πνίγηκαν, βράχοι αποκολλήθηκαν, δέντρα ξεριζώθηκαν και όλα αυτά προκάλεσαν την έμφραξη των υπόγειων διεξόδων μέσα στο σπήλαιο. Η στάθμη του νερού άρχισε να ανεβαίνει και τα γύρω χωριά κατακλύσθηκαν από τα μανιασμένα νερά.

Η θρυλική – φανταστική δημιουργία της λίμνης Βεγορίτιδας δεν αποκλείεται να πηγάζει από το πιθανό ιστορικό γεγονός της εμφάνισης ενός συνταρακτικού φυσικού φαινομένου, όπως ακραίας καταιγίδας ή σεισμού, που στάθηκε ικανό να δημιουργήσει τη σημερινή λίμνη Βεγορίτιδα. Ο Sir Arthur Evans αναφέρει περιγραφή από κάποιον περιηγητή της Ιλλυρίας Comes Marcellinus. Ο περιηγητής αναφέρει την εμφάνιση μεγάλου καταστροφικού σεισμού στα Σκόπια με πιθανές καταστροφές στη λεκάνη της Εορδαίας.

Χρονικά, οι ανωτέρω αφηγήσεις, δημιουργούν την εικόνα ότι κατά τα Ρωμαϊκά Χρόνια κάποιο φυσικό φαινόμενο έφραξε τις υπόγειες διαφυγές του



υδρογραφικού δικτύου με άμεσο επακόλουθο την ανύψωση των υδάτων και τη δημιουργία της λίμνης (Παπακωνσταντίνου, 1982).

Από το 1896 και μετά πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τη λίμνη εξαιτίας της συνεχούς αύξησης που παρουσίαζε η στάθμη της επιφάνειας της, μέχρι και το 1957. Για το λόγο αυτό μετακινήθηκε και η σιδηροδρομική γραμμή, η οποία διέρχεται περιμετρικά από τη λίμνη.

Από το 1920 προτάθηκε και απασχόλησε τους τότε τεχνικούς η χρησιμοποίηση των υδάτων της λίμνης για ενεργειακούς σκοπούς, σε σχέση με τον ποταμό Άγρα.

Η έκταση της επιφάνειας της λίμνης έφτανε στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα, περίπου τα 70 km<sup>2</sup>, η χωρητικότητα της περί τα 2.200.000.000 m<sup>3</sup> και το μέγιστο βάθος της τα 70 m. Τα χρόνια που ακολούθησαν ήταν χρόνια ταπείνωσης της στάθμης της λίμνης έως ότου τα ανωτέρω στοιχεία (επιφάνεια λίμνης, χωρητικότητα και βάθος) μειωθούν σε σημαντικό βαθμό, δημιουργώντας έτσι στον εκάστοτε μελετητή – ερευνητή αλλά και απλό παρατηρητή την εντύπωση ότι η λίμνη Βεγορίτιδα αποτελεί μια «υδατική αυτοκρατορία» που τα τελευταία χρόνια περνά τα παρακμιακά της, έτη (Στάμος, 1993).

### **2.1.2 Γεωγραφική Θέση**

Η λίμνη Βεγορίτιδα είναι αλπικού χαρακτήρα και καταλαμβάνει ένα από τα κοιλάματα των κλειστών οροπεδίων της Δυτικής Μακεδονίας, περιβαλλόμενη από μεγάλους ασβεστολιθικούς όγκους, από τους οποίους διαμορφώνεται η λεκάνη απορροής και υδρομάστευσής της.

Η λίμνη αυτή, μαζί με τις γειτονικές λίμνες Πετρών, Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης, θεωρείται ως υπόλειμμα της παλιάς (3000π.χ.) μεγάλης λίμνης της

Εορδαίας, της οποίας η έκταση αναφέρεται ότι έφτασε τα 1000 km<sup>2</sup> περίπου, και το βάθος της τα 250 m. Η λίμνη Βεγορίτιδα βρίσκεται στο βόρειο άκρο της κοιλάδας Εορδαίας μεταξύ των παραλλήλων 40°42' και 40°50' Βορείου Γεωγραφικού Πλάτους και των μεσημβρινών 21°43' και 21°51' Ανατολικού Γεωγραφικού Μήκους από Greenwich.

Ο σχηματισμός αυτός δεν ανταποκρίνεται στην σημερινή μορφολογία του εδάφους, γιατί λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες το βάθος 250 μέτρων αντιστοιχεί σε απόλυτο υψόμετρο +720 m. Στη στάθμη αυτή η επιφάνεια δεν ξεπερνά τα 700 km<sup>2</sup> ενώ στη βορειοανατολική πλευρά, υπάρχει αυχένας προς τη λεκάνη του ποταμού Βόδα με απόλυτο υψόμετρο +560 m, διαμέσων του οποίου θα είχε δημιουργηθεί υπερχειλίση των υδάτων (Τζιμόπουλος & Σπυρίδης, 1996).

Η λίμνη, εξαιρουμένου του κολπίσκου που δημιουργείται ΝΑ της πόλεως Άρνισσας, έχει σχήμα επίμηκες ελλειπτικό, με το μεγάλο άξονα να διέρχεται από ΒΑ προς ΝΔ. Το μέγιστο μήκος της, ανέρχονταν σε 17,8 km, με μέγιστο πλάτος τα 7,1 km και ελάχιστο τα 2,1 km νότια των οικισμών Φαράγγι και Αγίου Παντελεήμονος.

Από άποψη διοικητικής διαίρεσεως, η λίμνη καθώς και η λεκάνη απορροής αυτής, ανήκει στους τρεις νομούς Κοζάνης, Πέλλας και Φλώρινας και στις δύο Περιφέρειες Δυτικής Μακεδονίας και Κεντρικής Μακεδονίας.

### **2.1.3 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά**

Η λεκάνη απορροής της ευρύτερης περιοχής του Αμυνταίου, προέκυψε από την αποξήρανση της αρχαίας λίμνης της Εορδαίας, και με το πέρασμα εκατομμυρίων ετών έχουμε την σημερινή κατάσταση με τις υπολειμματικές λίμνες που έχουν απομείνει. Αυτές οι λίμνες είναι οι έξι του νομού Φλώρινας, Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα, η Χειμαδίτιδα Ζάζαρη, Πετρών, Βεγορίτιδα, στο νομό Καστοριάς η

ομώνυμη λίμνη και τέλος στα Σκόπια η μεγάλη λίμνη της Οχρίδας. Η αρχαία λίμνη της Εορδαίας πριν εκατομμύρια χρόνια είχε όρια από βόρεια το όρος Βόρας, με υψηλότερη κορυφή (Πιπερίτσα) τα 1.996 m, ανατολικά από το όρος Βέρμιο, με υψηλότερη κορυφή τα 2.065 m, νότια από το όρος Σινιάτσικο, με υψηλότερη κορυφή τα 2.111 m, και δυτικά από τα όρη Μουρίκι και Βέρνον με υψηλότερες κορυφές, 1.703 m το πρώτο, και 2.180 m το δεύτερο. Τα τρία τελευταία όρη, ανήκουν στην οροσειρά της Πίνδου, με κατεύθυνση από, ΒΒΔ προς ΝΝΑ.

Στη λεκάνη απορροής της Βεγορίτιδας, υπάρχουν οι τέσσερις υπολειμματικές λίμνες, Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα, Πετρών, Βεγορίτιδα, και έχει μέγιστο υψόμετρο 2027 m, και ελάχιστο 560 m, με το βαθύτερο σημείο ολόκληρης της λεκάνης απορροής να βρίσκεται στην λίμνη Βεγορίτιδα (Στάμος, 1993).

Οι μέγιστη συνολική επιφάνεια, των τεσσάρων αυτών λιμνών είναι 95 km<sup>2</sup>. Στο παρελθόν δεν επικοινωνούσαν μεταξύ τους, εκτός των λιμνών Χειμαδίτιδας και Πετρών που συνδέονταν με το ρεύμα του Αμύντα. Σήμερα οι λίμνες αυτές αποτελούν ένα ενιαίο συνδεδεμένο λιμναίο σύστημα που προήλθε από ανθρωπογενή επέμβαση, όπως είναι η ενωτική σήραγγα Πέτρων – Βεγορίτιδας, η ενωτική τάφρος Χειμαδίτιδας – Πετρών και η ενωτική τάφρος Ζάζαρης – Χειμαδίτιδας.

Οι ανατολικοί και οι ορεινοί όγκοι που περιβάλουν την κοιλάδα αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ασβεστόλιθους και εν μέρει από σχιστόλιθους, οι βόρειοι από πλακώδεις ασβεστόλιθους, σχιστόλιθους, και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους (μάρμαρα), ενώ οι νότιοι από μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

Το έδαφος της λεκάνης αποτελείται από παλαιά λιμναία αποθέματα όπως άμμος, άργιλος, χαλίκια, και τόφφοι γλυκών νερών. Το πάχος των στρωμάτων αυτών, φτάνει σε μερικά σημεία τα 10-15 m. Γενικά, η λεκάνη απορροής παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά ενός λιμναίου πεδίου που έχει αποξηρανθεί πρόσφατα.

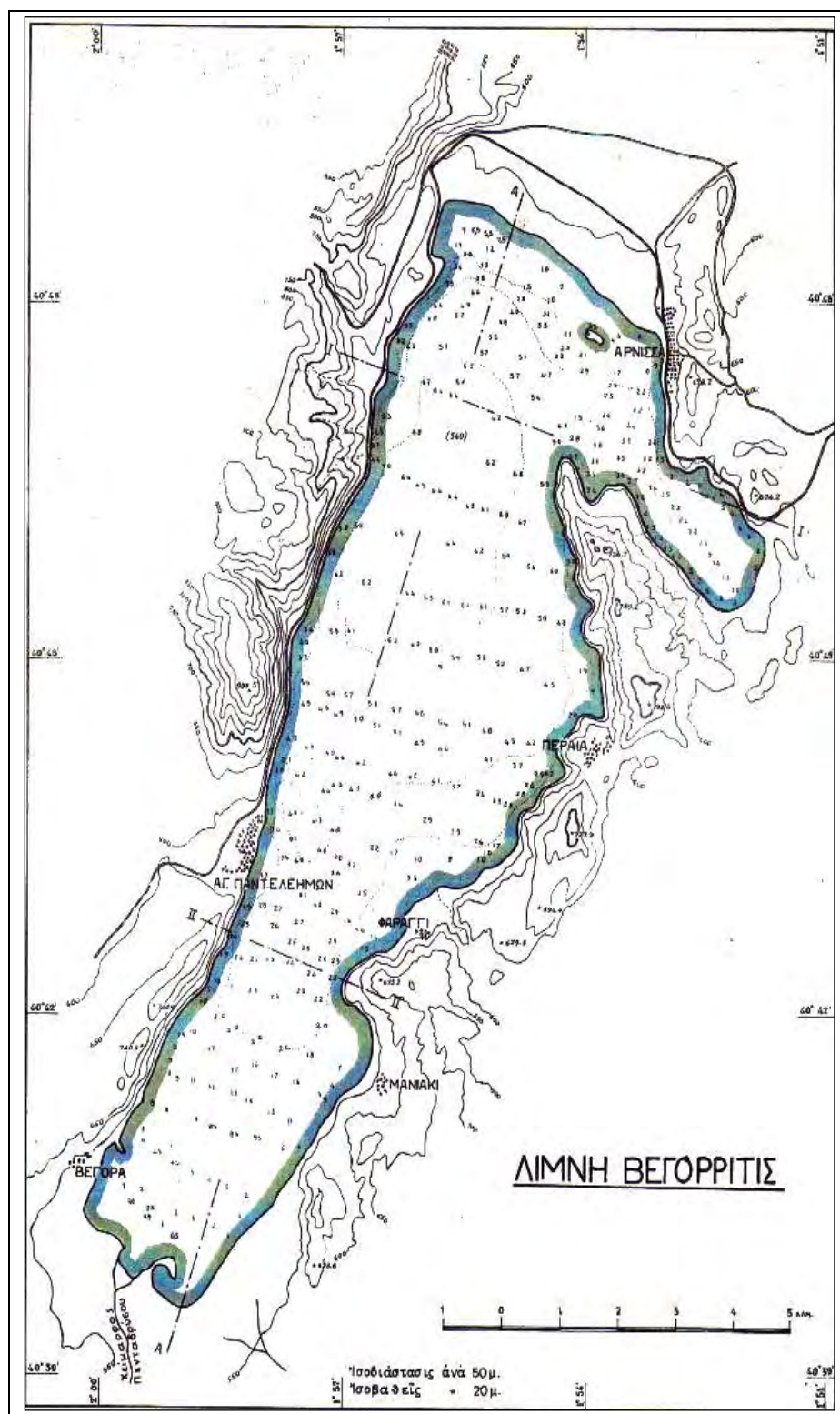
Πολλά τμήματα της λεκάνης και ιδιαίτερα το νότιο τμήμα της Βεγορίτιδας, καθώς και το τμήμα μεταξύ αυτής (Βεγορίτιδα) και της λίμνη Πετρών, αποτελούν εύφορο έδαφος και καλλιεργούνται εντατικά (Στάμος, 1993).

Η λίμνη Βεγορίτιδα, η οποία καταλαμβάνει το βορειότερο άκρο της κοιλάδας, εκτείνεται σε απόλυτο υψόμετρο +590 m. Οι όχθες της λίμνης είναι ψηλές και απότομες και αποτελούνται από ασβεστολιθικούς γυμνούς βράχους, με μόνη εξαίρεση την νότια όχθη, η οποία εξελίσσεται με ομαλή κλίση κατ' επέκταση της παρακείμενης πεδιάδας.

Η δυτική όχθη της λίμνης υψώνεται σχεδόν κατακόρυφα, σε ύψος 200 – 300 m πάνω από την επιφάνεια των υδάτων. Η ανατολική όχθη είναι βραχώδεις γυμνή απο βλάστηση μικρότερου ύψους, με μερικές αμμώδεις παραλίες.

Το μέγιστο βάθος της λίμνης, είναι περίπου τα 40m και βρίσκεται στην μέγιστη κατάποση του πυθμένα, η οποία εντοπίζεται στο τέταρτο του επιμήκους άξονα της βόρειας όχθης, σε απόσταση 400 m περίπου από την δυτική όχθη (σχ. 2.1.) Το πλέον ρηχό τμήμα της λίμνης, βρίσκεται προς το νότιο άκρο. Γενικώς ο βυθός, είναι ελαφρώς κεκλιμένος προς την κατεύθυνση όπου βρίσκεται και το μέγιστο βάθος (Χωραφάς, 1957).

Η λίμνη, εκτός από τα επιφανειακά απορρέοντα όμβρια ύδατα, τροφοδοτείται πιθανώς και από υπολίμνιες πηγές. Τα νερά της λίμνης, δεν έχουν φυσική επιφανειακή διέξοδο, αλλά εκρέουν από υπόγειες καταβόθρες, κυρίως προς την ανατολική ακτή της λίμνης. Επομένως η λίμνη Βεγορίτιδα αποτελεί μια τυπική καρστική λίμνη, με υπόγεια εκροή των νερών της.



Σχήμα 2.1 : Βυθομετρικός Χάρτης της λίμνης Βεγορίτιδας (Χωραφάς, 1957).

#### 2.1.4 Γεωλογία

Τα στρώματα τα οποία συνιστούν την εξεταζόμενη περιοχή, ξεκινούν απ' τις αρχαιότερες γεωλογικές διαπλάσεις, δηλαδή από το Πρωτεροζωικό και φτάνουν μέχρι σήμερα, περιλαμβάνοντας του Δεβονίου, του Λιθανθρακοφόρου, του Περμίου, του Τριαδικού, του Κρητιδικού, του Νεογενούς και τις διάφορες εναποθέσεις του Πλειστοκαίνου και του Ολοκαίνου. Από τα εκρηξιγενή πετρώματα συμμετέχουν οι περιδοτίτες, οι διαβάσες και οι τόφοι.

Οι ασβεστολιθικοί όγκοι επαναλαμβάνονται σχεδόν πάντα επί σερπεντινικών μαζών Ιουρασικής ηλικίας.

Τις τελευταίες φάσεις της αλπικής ορογένεσης ακολούθησε η περίοδος έντονων μετακινήσεων και σχηματισμού λεκανών, μέσα στις οποίες κατά το Νεογενές και το Τεταρτογενές εναποτέθηκαν αντίστοιχης ηλικίας κλαστικά ιζήματα. Τα ιζήματα αυτά έχουν μεγάλη οριζόντια εξάπλωση στην υπό μελέτη περιοχή. Τα υλικά του Νεογενούς (ne) συνίστανται κυρίως από μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, αργίλους κλπ. Τα υλικά του Τεταρτογενούς, που καταλαμβάνουν τις βαθύτερες εκτάσεις της περιοχής, καθώς και τους ανατολικούς πρόποδες του όρους Βέρμιο, μπορούν να χαρακτηριστούν με τη γενική ονομασία προσχώσεις. Ιδιαίτερη σημασία μεταξύ αυτών έχουν οι ασβεστολιθικοί τόφοι (Dk) καθώς και οι κώνοι κορημμάτων (das, ds).

Οι πόλεις της Βέροιας, Νάουσας και Έδεσσας βρίσκονται, η καθεμιά από αυτές, πάνω σε ένα στρώμα τραβερτίνη (ασβεστολιθικού τόφου) πάχους περίπου 50 m, ο οποίος επικάθεται στην παρυφή του ορεινού όγκου και καταλήγει απότομα στην πεδιάδα. Οι σχηματισμοί αυτοί δεν συνδέονται μεταξύ τους, αλλά αντιστοιχούν προφανώς στην ίδια αναβαθμίδα, η οποία όμως τώρα βρίσκεται σε διάφορα ύψη. Η Βέροια βρίσκεται σε απόλυτο υψόμετρο +160 m, η Νάουσα σε +330 m και η Έδεσσα

σε +315 m αντίστοιχα. Ανάμεσα στα στρώματα τραβερτίνη στην ανατολική παρυφή του Βερμίου, καθώς και σε διάφορες άλλες τοποθεσίες εξαπλώνονται σε μεγάλη έκταση οι κώνοι των κορημάτων (Παπακωνσταντίνου, 1982).

Οι κώνοι αυτοί έχουν εμπλουτισθεί από ασβεστολιθικό τόφο και κοκκινόχωμα. Με βάση ενδείξεις από γεωτρήσεις, αυτά κατεβαίνουν και κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Κάτω από τα κορήματα, προεξέχουν τα πετρώματα του ορεινού όγκου σε μορφή χαμηλών λοφίσκων.

Φαίνεται ότι σε μερικές θέσεις ήρθαν στην επιφάνεια και κατά τους πρώτους χρόνους της Κρητιδικής υποπεριόδου βασικά και υπερβασικά μάγματα (περιδοτίτες, γάβροι).

Ανάμεσα στα πετρώματα αυτά, την πρώτη θέση από άποψη εξάπλωσης κατέχουν οι περιδοτίτες (σερπεντίνες). Αυτά εμφανίζονται βόρεια και νότια των πηγών του Βόδα γύρω από τις πόλεις της Έδεσσας, Νάουσας και Βέροιας, ανατολικά της λίμνης Βεγορίτιδας και μέσα στην ίδια την οροσειρά του Βερμίου και αποτελούν κατά το μέγιστο το στεγανό του υπόβαθρο. Ένα άλλο πυριγενές πέτρωμα είναι ο διαβάσης, που συναντάται κυρίως βορειοανατολικά της Έδεσσας και συνοδεύει σε πολλά σημεία τους περιδοτίτες. Το πυριγενές αυτό υλικό βρίσκεται σε νεοπαλαιοζωικούς ασβεστόλιθους και σχιστόλιθους, ενώ η ηλικία του είναι Ιουρασική. Τα κατώτερα στρώματα του διαβάσης έχουν εν μέρει μεταβληθεί σε μαύρους και πράσινους διαβασικούς σχιστόλιθους, πάνω στους οποίους βρίσκονται χονδροκοκκώδεις ανοιχτοκόκκινοι αποσαθρωμένοι διαβάσεις, μία σειρά των οποίων μεταπίπτει σε γαβροδιαβάσεις. Ανατολικά της οροσειράς του Βερμίου και ακόμα βορειότερα, σημαντικές εκτάσεις καταλαμβάνουν οι τραχειτικοί και ανδεσιτικοί τόφοι. Αυτοί αποτελούν συμπαγές συσσωμάτωμα λιθαριών, κροκάλων και άμμου, τα οποία ως στερεά αναβλήματα εκτινάχτηκαν κατά τις περιόδους ηφαιστειακών

εκρήξεων που συνέβησαν κατά το Μειόκαινο, μαζί με την έκχυση λάβας τραχείτη και ανδρεσίτη, που σποραδικά συναντάται μέσα σ' αυτά.

Στην περιοχή αυτή των ασβεστόλιθων η προέλευση της λίμνης Βεγορίτιδας είναι δυνατό, είτε να είναι τεκτονικής φύσεως, είτε να προήλθε από τεράστιο άλλοτε καρστικό σπήλαιο, το οποίο υπέστη καταπτώσεις των επικείμενων όγκων του.

Η δεύτερη εκδοχή θα συνεπάγονταν υπόβαθρο κυρίως υδατοστεγές, καθόσον κάθε διάρρηξη θα περιοριζόνταν μόνο στο ανώτερο τμήμα του σπηλαίου. Αντίθετα όμως, όχι μόνο στην ανατολική και δυτική περιοχή της λίμνης, παρατηρούνται μεγάλες τεκτονικές διαρρήξεις αλλά και σε αρκετή απόσταση από αυτή σημειώνονται από τον Ossvald μεγάλες και μικρότερες διαρρήξεις, οι οποίες έχουν σαφώς καθοριζόμενη κατεύθυνση και καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση.

Επίσης παρατηρούμε ότι η διάταξη των όγκων της λίμνης δεν είναι εντελώς τυχαία και ακανόνιστη, όπως θα ήταν επί καρστικής γένεσης, αλλά υπάγεται σε μια τεκτονική αρμονία.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι:

- Η ανατολική και βορειοδυτική περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας περιβάλλεται από ασβεστολιθικά στρώματα του Κρητιδικού. Τα στρώματα αυτά έχουν σχεδόν στο σύνολό τους, ως υποκείμενα, πυριγενή αδιαπέρατα πετρώματα του Ιουρασικού (περιδοτίτες), τα οποία αποκαλύπτονται σε πολλά σημεία μέσα στο Βέρμιο.
- Στην βορειότερη περιοχή του Βερμίου, οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι έχουν ως υποκείμενο σχιστολιθικά αδιαπέρατα στρώματα του Παλαιοζωικού.
- Οι μεγάλες και μικρές διαρρήξεις στα ασβεστολιθικά πετρώματα του Βερμίου και γύρω από αυτό επηρεάζουν ευρύτατα και υποβοηθούν την κυκλοφορία

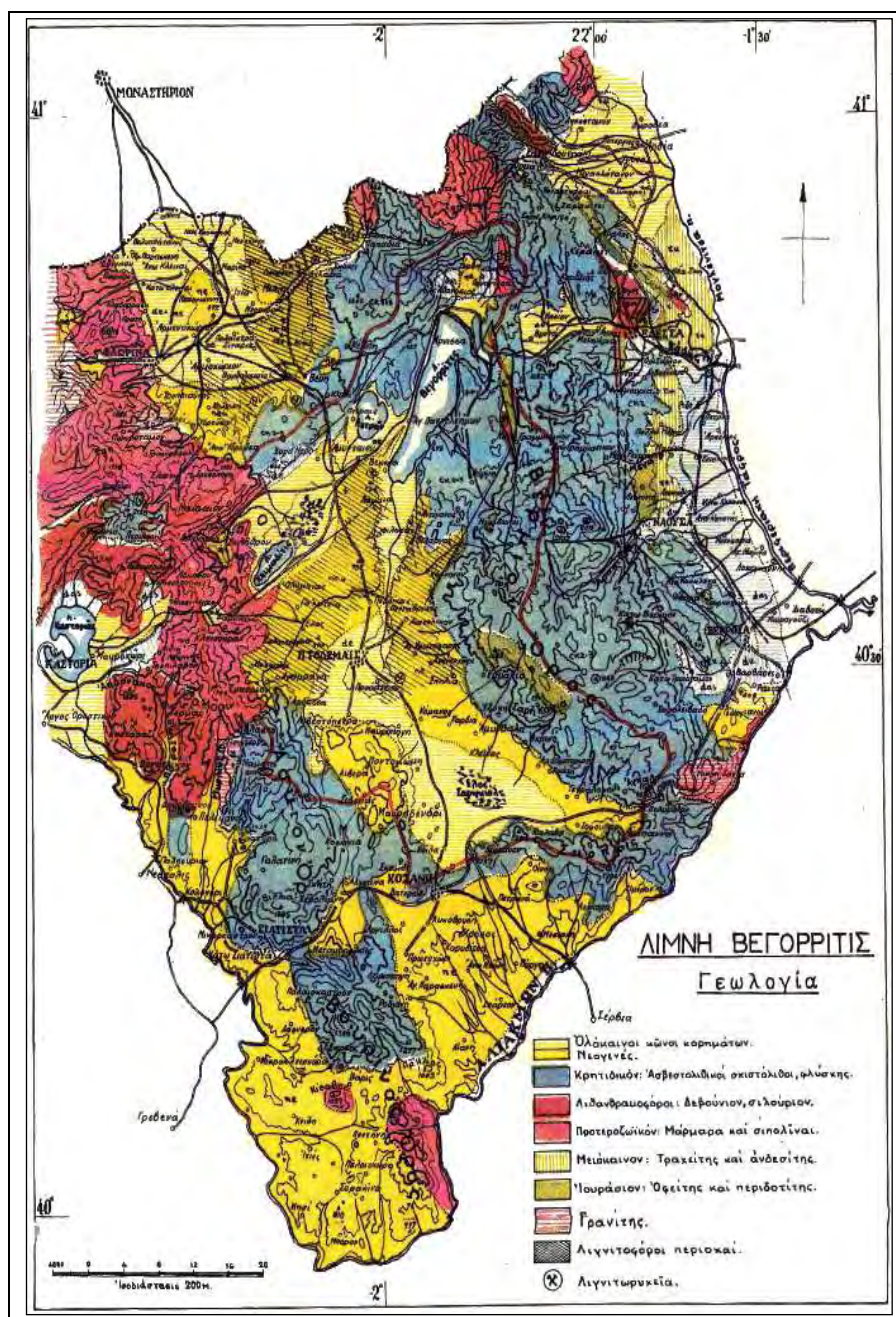


του υπόγειου ύδατος από τη λίμνη Βεγορίτιδα προς την πεδιάδα των Γιαννιτσών.

- Οι κλίσεις των ασβεστολιθικών στρωμάτων του Βερμίου είναι στο σύνολό τους ομοειδείς και υποβοηθούν την υπόγεια κυκλοφορία από τη Δύση προς την Ανατολή.
- Η σεισμικότητα της περιοχής δε θεωρείται έντονη. Αξιοσημείωτη είναι επίσης, η εντός της λεκάνης απορροής και δυτικά αυτής, ή ύπαρξη λιγνιτοφόρων στρωμάτων εντός του Νεογενούς. Νοτιοδυτικά και βορειοδυτικά της λίμνης Βεγορίτιδας, εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση οι νεογενείς λεκάνες Κοζάνης – Πτολεμαΐδας – Φλώρινας.

Μετά τις αλπικές πτυχώσεις ακολούθησε, ως γνωστό η φάση των κατακρημνίσεων και ο σχηματισμός μικρών ή μεγάλων λεκανών μέσα στις οποίες, αποτέθηκαν λιμναία νεογενή στρώματα. Μέσα στα στρώματα αυτά, περικλείστηκαν φυτικοί οργανισμοί, οι οποίοι με την πάροδο του χρόνου, κάτω από ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, και ανάλογα με τη φύση των στρωμάτων μέσα στα οποία εναποτέθηκαν, μεταβλήθηκαν σε λιγνίτες. Οι εναποθέσεις του λιγνίτη καταλαμβάνουν εκτάσεις, σχεδόν ανάλογες με τις εκτάσεις των νεογενών στρωμάτων μέσα στα οποία βρίσκονται.

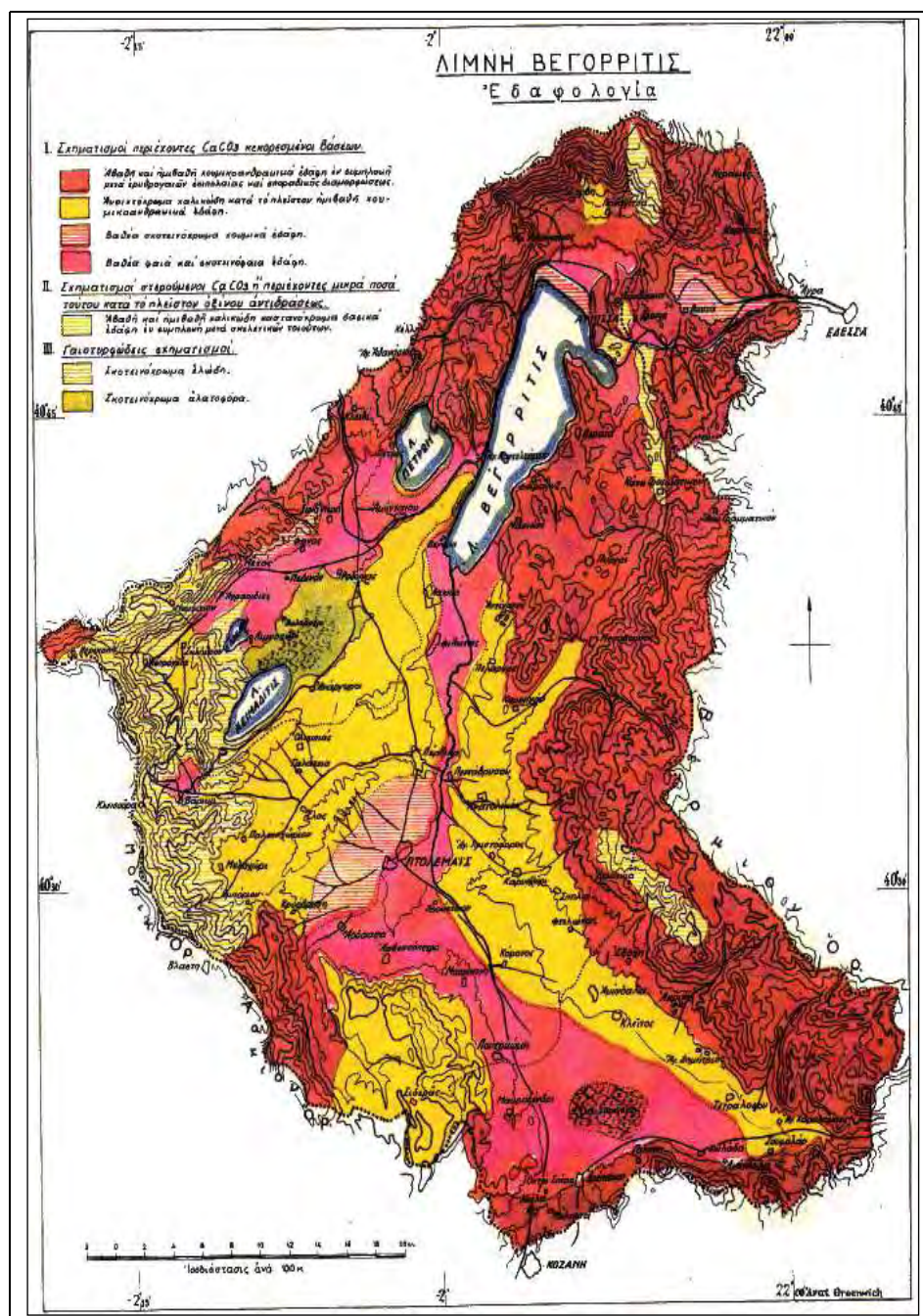
Στο σχήμα 2.2 διακρίνεται η γεωλογία των λεκανών Κοζάνης – Πτολεμαΐδας – Φλώρινας. Οι λεκάνες της Δυτικής Μακεδονίας κατατάσσονται στις λεκάνες μεγάλης έκτασης και με μικρές τεκτονικές ανωμαλίες, ενώ χάρη στις ευνοϊκές κοιτασματολογικές τους συνθήκες καθίσταται δυνατή η εκμετάλλευσή τους (Χωραφάς, 1957).



**Σχήμα 2.2 :** Γεωλογία της λίμνης Βεγορίτιδας (Χωραφάς, 1957).  
(Ι.Γ.Μ.Ε. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών  
Ερευνών).

### 2.1.5 Εδαφολογία

Με βάση τα δεδομένα επιτόπιων παρατηρήσεων, του κλίματος και των τοπικών συνθηκών μπορούμε να περιγράψουμε σε γενικές γραμμές την εδαφολογική συγκρότηση της περιοχής σχήμα 2.3 :



**Σχήμα 2.3 :** Εδαφολογία της λίμνης Βεγορίτιδας (Χωραφάς, 1957).  
(Ι.Γ.Μ.Ε. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλευτηκών Ερευνών).

- **Σχηματισμοί που περιέχουν ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) και κορεσμένες ενώσεις.** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι σχηματισμοί οι οποίοι περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό  $\text{CaCO}_3$ . Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν ευνοϊκές συνθήκες διαπερατότητας και εφόσον έχουν σημαντικό πάχος, είναι υδατοϊκανοί και μπορούν να συντηρήσουν αξιόλογη βλάστηση. Στην κατηγορία των εδαφών αυτών συναντούμε τις ακόλουθες υποπεριπτώσεις :

*I. Αβαθή και ημιβαθή χουμικοανθρακικά εδάφη σε ανάμιξη με ερυθρογαίες.*

Η έκταση τους ανέρχεται σε 784.000 στρέμματα δηλαδή το 42% της λεκάνης. Τα εδάφη αυτά αναπτύσσονται κυρίως σε περιοχές με σημαντικές κλίσεις όπου το φαινόμενο της διάβρωσης είναι έντονο. Το πάχος τους είναι σχετικά μικρό ενώ παρουσιάζουν σημαντική περιεκτικότητα σε σκελετικά υλικά.

*II. Ανοικτόχρωμα χαλικώδη, ημιβαθή χουμικοανθρακικά εδάφη.*

Η έκταση τους ανέρχεται σε 466.500  $\text{m}^2$  (25% του συνόλου) και οι κλίσεις που παρουσιάζουν είναι σαφώς μικρότερες από την προηγούμενη κατηγορία. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν σημαντικό πάχος και θεωρούνται εδάφη υψηλής παραγωγικότητας.

*III. Βαθιά σκοτεινόχρωμα χουμικά και βαθιά φαιά και σκοτεινόφαια εδάφη.*

Η έκταση τους υπολογίζεται σε 354.500 στρέμματα (19%) και αντιπροσωπεύει τα πιο παραγωγικά εδάφη της περιοχής. Είναι εδάφη πηλώδη, αμμοπηλώδη και αργιλοπηλώδη με μεγάλη υδατοϊκανότητα και περιεκτικότητα σε υγρασία.

- **Σχηματισμοί που περιέχουν πολύ μικρό ποσοστό ή καθόλου  $\text{CaCO}_3$ .** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα αβαθή και ημιβαθή χαλικώδη, καστανόχρωμα δασικά εδάφη και η έκταση τους υπολογίζεται σε 187.000 στρέμματα (10%).



Τα εδάφη αυτά είναι πολύ ευπαθή σε διάβρωση και συναντώνται στις περιοχές με πολύ έντονες κλίσεις.

- **Σχηματισμοί γεωτυρφώδεις.** Η κατηγορία αυτή οφείλει το σχηματισμό της στην υπερβολική υγρασία και στη δράση αναερόβιων παραγόντων. Κύριο γνώρισμα τους είναι η μεγάλη περιεκτικότητα σε τύρφη. Διακρίνουμε δύο υποκατηγορίες :

*I. Τα σκοτεινόχρωμα ελώδη εδάφη με έκταση περίπου 15.000 στρέμματα, και*

*II. Τα σκοτεινόχρωμα αλατούχα εδάφη με έκταση περίπου 34.000 στρέμματα.*

## **2.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

### **2.2.1 Υδρομετεωρολογικά και κλιματικά δεδομένα**

#### *2.2.1.1 Θερμοκρασία*

Η εξεταζόμενη περιοχή ανήκει στα ψυχρότερα τμήματα της Ελληνικής Χερσονήσου. Σ' αυτό συντελούν πολλοί παράγοντες, μεταξύ των οποίων είναι τα βόρεια ψυχρά ρεύματα, τα οποία δημιουργούνται με την επέκταση του σιβηρικού αντικυκλώνα στη Βαλκανική ή με την επέκταση του αντικυκλώνα των Αζόρων στην Κεντρική Ευρώπη ή με κινητούς αντικυκλώνες ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες. Άλλοι παράγοντες είναι ο αποκλεισμός από τις περιβαλλόμενες οροσειρές Βερμίου – Πιερίων – Ολύμπου της επιδράσεως του Αιγαίου πελάγους, αλλά και οι καθοδικοί άνεμοι οι οποίοι δημιουργούνται συνήθως κατά τις αίθριες νύχτες του χειμώνα και της άνοιξης από τα χιονισμένα βουνά προς τα πεδινά της εξεταζόμενης περιοχής. Κατά τους χειμερινούς μήνες η θερμοκρασία του αέρα κατεβαίνει πολύ κάτω από τους 0°C. Ο παγετός είναι συνηθισμένο γεγονός από Νοέμβριο ως Μάρτιο και ο ολικός παγετός δεν είναι σπάνιο φαινόμενο. Κατά τους μήνες του χειμώνα η θερμοκρασία του αέρα πέφτει κάτω από τους 0°C σε ποσοστό 50% - 70% των ημερών των μηνών αυτών (Σπυρίδης & Κουτάλου, 2000).

Ο πρώτος μερικός παγετός παρατηρείται κατά το πρώτο δεκαήμερο του Νοεμβρίου και ο τελευταίος κατά το τρίτο δεκαήμερο του Απριλίου. Κατά τους δριμείς χειμώνες, η λίμνη δεν καλύπτεται από πάγο, όπως συμβαίνει στις λίμνες της Δυτικής Μακεδονίας (Μεγάλη και Μικρή Πρέσπα, Καστοριάς) οι οποίες βρίσκονται στο ίδιο περίπου γεωγραφικό πλάτος και έχουν περίπου το ίδιο κλίμα.

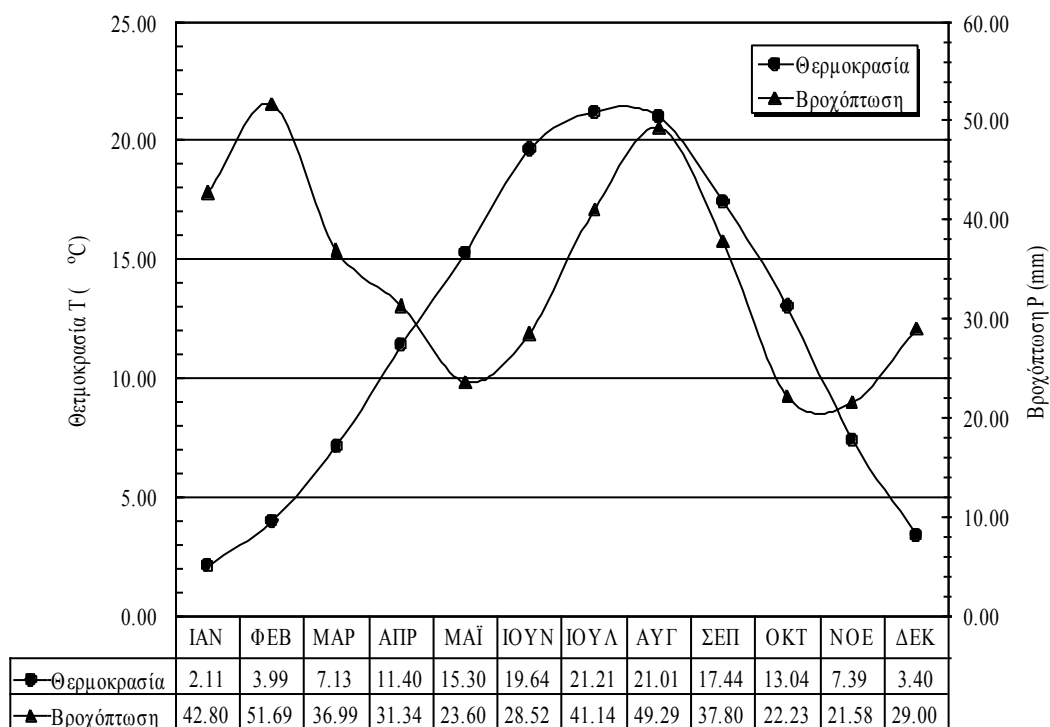
Άλλα ενώ κατά το χειμώνα παρατηρούμε χαμηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι η θερμοκρασία είναι ανάλογη της Νότιας Ελλάδας και πολλές φορές υπερβαίνει τους 40°C. Τέτοιες θερμοκρασίες παρατηρούνται τόσο στα πεδινά, όσο και στις πλαγιές

των βουνών με μικρό υψόμετρο (Σπυρίδης & Κουτάλου, 2000). Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε, ότι το ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι μεγάλο και που χαρακτηρίζει το κλίμα ηπειρωτικό.

Οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας (μέση – μέγιστη – ελάχιστη), των βροχοπτώσεων και των εξατμίσεων στο γειτονικό σταθμό του Αμυνταίου, δίνονται στον πίνακα 2.1. Στο σχήμα 2.4 δίνεται το ομβροθερμικό διάγραμμα του Αμυνταίου.

**Πίνακας 2.1 :** Μέσες τιμές θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και εξατμίσης του μετεωρολογικού σταθμού Αμυνταίου.

Μήνες	Θερμοκρασίες (°C)			Βροχόπτωση (mm)	Εξατμιση (mm)
	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέση Μηνιαία	Μέση Μηνιαία
Ιανουάριος	2,11	7,15	-2,91	42,80	9,73
Φεβρουάριος	3,99	9,23	-1,21	51,69	22,54
Μάρτιος	7,13	12,29	2,09	36,99	54,40
Απρίλιος	11,40	17,02	5,78	31,34	100,41
Μάιος	15,30	21,43	9,17	23,60	130,04
Ιούνιος	19,64	26,52	12,76	28,52	161,31
Ιούλιος	21,21	28,59	14,49	41,14	200,27
Αύγουστος	21,01	27,96	13,72	49,29	184,20
Σεπτέμβριος	17,44	24,32	10,48	37,80	135,67
Οκτώβριος	13,04	19,14	6,94	22,23	86,32
Νοέμβριος	7,39	12,87	1,84	21,58	48,55
Δεκέμβριος	3,40	8,47	-1,80	29,00	15,71
<b>Μέση ετήσια</b>	<b>11,92</b>	<b>17,92</b>	<b>5,95</b>	<b>34,66</b>	<b>95,76</b>



**Σχήμα 2.4 :** Ομβροθερμικό διάγραμμα Αμυνταίου.

Από τα παραπάνω, είναι φανερό ότι ο ψυχρότερος μήνας, είναι ο Ιανουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος.

#### 2.2.1.2 Σχετική Υγρασία

Η σχετική υγρασία στη περιοχή μελέτης κυμαίνεται μεταξύ 70 και 72,5%, που σημαίνει ότι η εν λόγω περιοχή είναι μία από τις υγρότερες περιοχές της Ελλάδας. Οι υγρότεροι μήνες, είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος, κατά τους οποίους η μέση σχετική υγρασία υπερβαίνει το 82,5 %, γεγονός που οφείλεται στους επικρατούντες νότιους υγρούς ανέμους κατά τους μήνες αυτούς ως συνέπεια των διερχόμενων υφέσεων.

Κατά τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο, η σχετική υγρασία είναι λίγο μικρότερη, κυρίως λόγω της επικράτησης κατά τους μήνες αυτούς βορείων ανέμων οι



οποίοι είναι σαφώς ξηρότεροι από τους νότιους. Κατά τους θερινούς, η σχετική υγρασία είναι χαμηλότερη του 55,0%, μικρότερη δηλαδή από την παρατηρούμενη στις παραθαλάσσιες περιοχές και κυρίως αυτές της δυτικής Ελλάδας. Συνέπεια αυτού, το ετήσιο υγρομετρικό εύρος είναι μεγάλο και μεγαλύτερο των εύκρατων κλιμάτων. Σε αυτό συντελεί σημαντικά και το μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος.

Τα όρια μεταξύ των οποίων κυμαίνεται η σχετική υγρασία κατά τους διάφορους μήνες δίνονται στον πίνακα 2.2.

**Πίνακας 2.2 :** Σχετική υγρασία της περιοχής μελέτης.

Μήνες	Σχετική υγρασία (%)
Ιανουάριος	> 80,0
Φεβρουάριος	> 80,0
Μάρτιος	72,5 – 75,0
Απρίλιος	< 65,0
Μάιος	< 65,0
Ιούνιος	60,0 – 65,0
Ιούλιος	< 55,0
Αύγουστος	<55,0
Σεπτέμβριος	60,0 – 65,0
Οκτώβριος	70,0 – 75,0
Νοέμβριος	> 82,5
Δεκέμβριος	> 82,5
<b>Μέση Ετήσια</b>	<b>70,0 – 72,5</b>

#### 2.2.1.3 Νέφωση

Η νέφωση στην Ελλάδα αυξάνει κατά κανόνα, καθώς κινούμαστε προς το Βορρά και από τα παράλια προς την ενδοχώρα. Το μέγιστο της νέφωσης

παρατηρείται συνεπώς στο βόρειο εσωτερικό τμήμα της χώρας, σε συνέπεια των μεγάλων οροσειρών, οι οποίες συντελούν στη συμπύκνωση των υδρατμών των πνεόντων ανέμων.

Η υπό περιοχή βρίσκεται πλησίον της εισχωρούσας από Βορρά γλώσσας μέγιστης νέφωσης, η οποία καλύπτει την οροσειρά της Πίνδου. Η μέση ετήσια νέφωση κυμαίνεται μεταξύ 4,5 και 6,0% και η μέση μηνιαία πορεία της παρουσιάζεται στον πίνακα 2.3:

**Πίνακας 2.3 :** Μηνιαία νέφωση της περιοχής μελέτης.

Μήνες	Σχετική νέφωση (%)
Ιανουάριος	5,8 - 6,0
Φεβρουάριος	6,0 - 6,5
Μάρτιος	5,5 - 6,0
Απρίλιος	5,5 - 6,0
Μάιος	5,5 - 6,0
Ιούνιος	3,5 - 4,0
Ιούλιος	2,0 - 2,5
Αύγουστος	2,0 - 2,5
Σεπτέμβριος	3,0 - 3,5
Οκτώβριος	5,5 - 6,0
Νοέμβριος	6,0 - 6,5
Δεκέμβριος	6,7 -

Από τα στοιχεία του πίνακα 2.3 προκύπτει ότι η μεγαλύτερη νέφωση εμφανίζεται το Δεκέμβριο, ενώ η μικρότερη κατά τους μήνες Ιούλιο και τον Αύγουστο. Δεύτερο μέγιστο παρατηρείται κατά το Φεβρουάριο και δεύτερο ελάχιστο

κατά τον Ιανουάριο. Το ελάχιστο του Ιανουαρίου, οφείλεται στην επέκταση του Σιβηρικού αντικυκλώνα, γνωστή με το όνομα "Ηπειρωτικός άξονας του Weicoff", η οποία δημιουργεί και τις γνωστές αλκυονίδες ημέρες.

#### *2.2.1.4 Ηλιοφάνεια*

Η ηλιοφάνεια ακολουθεί ετήσια πορεία αντίθετη της νέφωσης, είναι δηλαδή μεγάλη κατά το θέρος και μικρή κατά το χειμώνα. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας στην περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 2.300-2.400. Κατά τους αντιπροσωπευτικούς μήνες του Ιανουαρίου, Απριλίου, Ιουλίου και Οκτωβρίου ο μέσος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας είναι αντίστοιχα 100–200, 180–200, 340–360 και 130–50 αντίστοιχα. Τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια από όλους τους μήνες παρουσιάζει ο Ιούλιος και τη μικρότερη ο Δεκέμβριος.

#### *2.2.1.5 Βροχόπτωση*

Η Ελλάδα λόγω της πολυμορφίας του ανάγλυφου της και του μεγάλου οριζόντιου και κατακόρυφου διαμελισμού της, παρουσιάζει μεγάλες διαφορές στην κατανομή των βροχοπτώσεων.

Ειδικότερα η εξεταζόμενη περιοχή βρίσκεται δυτικά των οροσειρών Πιερίων-Βερμίου και συνεπώς στην ομβροσκιά των βροχών που συνοδεύονται από βορειοανατολικούς και ανατολικούς ανέμους. Παράλληλα βρίσκεται στην ομβροσκιά των Βερμίου – Σινιάτικου – Βουρινίου και γενικότερα της οροσειράς της Πίνδου, η οποία αποτελεί φραγμό των νότιων υγρών ανέμων, οι οποίοι αποθέτουν μεγάλα ποσά βροχής στις δυτικές πλαγιές της συγκεκριμένης οροσειράς. Σαν συνέπεια των παραπάνω, η υπό μελέτη περιοχή παρουσιάζει σχετικά χαμηλό ύψος βροχής, το οποίο γίνεται αμέσως φανερό, αν συγκρίνουμε τις μετρήσεις των βροχομετρικών σταθμών εντός και εκτός της κλειστής λεκάνης. Έτσι ενώ η Έδεσσα βρίσκεται σε απόλυτο

υψόμετρο +315 m έχει μέσο ετήσιο ύψος βροχής 726 mm, ενώ το Αμύνταιο με απόλυτο υψόμετρο +579,5 m έχει μέσο ετήσιο ύψος βροχής μόλις 416 mm.

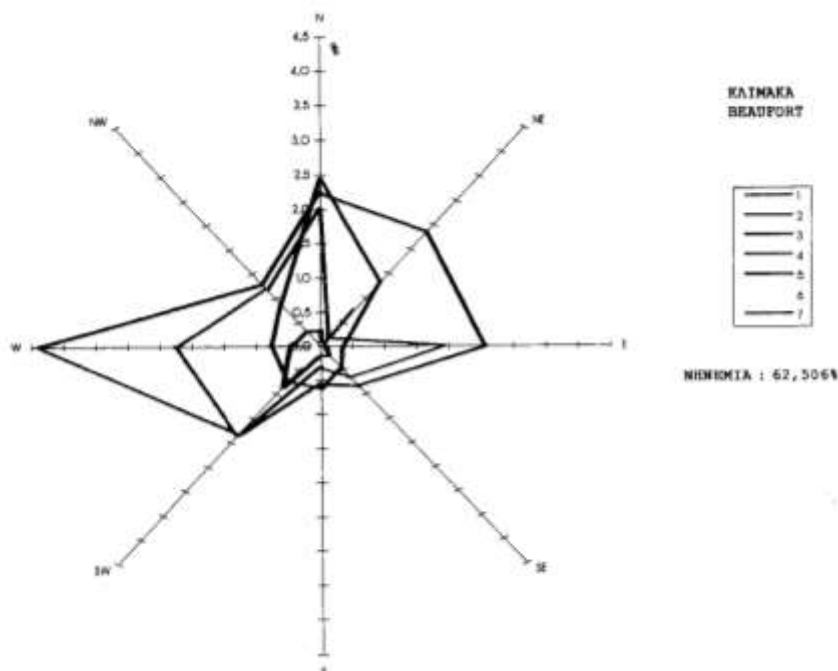
Οι πλέον βροχεροί μήνες του έτους είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος, ενώ ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, εμφανίζουν μικρότερες βροχοπτώσεις σε σχέση με τους μήνες της άνοιξης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά τους μήνες αυτούς έχουμε τις μεγαλύτερες χιονοπτώσεις, οι οποίες ως γνωστό δεν είναι δυνατό να μετρηθούν με τα γνωστά βροχόμετρα. Το ύψος χιονιού στις παρακείμενες κορυφογραμμές κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,60–1,20 m και διατηρείται μέχρι τέλος Απριλίου, και ορισμένες φορές μέχρι το Μάιο.

#### 2.2.1.6 Άνεμος

Ο άνεμος, μαζί με τη θερμοκρασία του αέρα και τις βροχοπτώσεις, αποτελεί το σπουδαιότερο κλιματικό στοιχείο, η μελέτη του οποίου παρουσιάζει γενικά μεγάλο ενδιαφέρον. Στην εξεταζόμενη περιοχή δεν υπάρχουν ανεμολογικές παρατηρήσεις όμως από τους σταθμούς στη Δυτική Μακεδονία συμπεραίνεται ότι μεγαλύτερη συχνότητα παρουσιάζουν οι βόρειοι και μετά οι νότιοι άνεμοι. Στο γεγονός αυτό συντελεί η διαμόρφωση του ανάγλυφου της περιοχής αυτής, που βρίσκεται εγκλωβισμένη μεταξύ υψηλών σχετικά οροσειρών με κατεύθυνση περίπου Βορρά–Νότου. Μεγάλης έντασης άνεμος είναι ο τοπικός Νοτιοδυτικός Άνεμος.

Λόγω των ανέμων, το ύψος του κύματος της λίμνης υπερβαίνει το 1 m, ιδιαίτερα κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο. Την περίοδο από το Μάιο μέχρι τον Αύγουστο επικρατούν βόρειοι άνεμοι. Στις παρακείμενες της λίμνης περιοχές παρατηρείται αύρα ασθενούς μάλλον εντάσεως, ιδιαίτερα κατά τις ημέρες στις οποίες στο εσωτερικό της Δυτικής Μακεδονίας επικρατεί νηνεμία. Η διεύθυνση της αύρας στο πεδινό τμήμα νότια της λίμνης, κατά την ημέρα είναι βόρεια και κατά τη νύχτα νότια, λαμβάνοντας υπόψη ότι η λίμνη κατέχει το βόρειο τμήμα του οροπεδίου.

Στο σχήμα 2.5 δίνεται διάγραμμα έντασης ανέμων που αφορά την περιοχή Φλώρινας με βάση μετρήσεις της ΕΜΥ Φλώρινας.



**Σχήμα 2.5 :** Ένταση ανέμων περιοχής Φλώρινα (Υ.Β.Ε.Τ., 1987).

#### 2.2.1.7 Υδρομετεωρολογικοί Σταθμοί

**Υδρομετεωρολογικός σταθμός** καλείται το σύνολο των εγκαταστάσεων και οργάνων που λειτουργούν συγχρόνως στην ίδια θέση με τα οποία παρατηρούμε, μετράμε, ή εκτιμάμε τα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα. Διακρίνονται, ανάλογα με τον εξοπλισμό τους σε τρεις κατηγορίες, δηλαδή:

**Βροχομετρικοί :** Σταθμοί στους οποίους γίνονται μόνο βροχομετρικές παρατηρήσεις. Οι σταθμοί αυτοί διαθέτουν τουλάχιστον βροχόμετρο.

**Μετεωρολογικοί :** Αυτοί αναλαμβάνουν διάφορα όργανα μετρήσεων μετεωρολογικών φαινομένων, χωρίς όμως να ακολουθούν συγκεκριμένες προδιαγραφές του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας (WMO).

**Κλιματολογικοί για υδρολογικούς σκοπούς :** Σταθμοί εξοπλισμένοι με όργανα μετρήσεων μετεωρολογικών φαινομένων που παρουσιάζουν υδρολογικό ενδιαφέρον. Ο εξοπλισμός τους ακολουθεί τις προδιαγραφές του (WMO).

Το Υπουργείο Ανάπτυξης στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας (09) διαθέτει τεύχος που παραθέτει τη γεωγραφική θέση και τα χαρακτηριστικά κάθε σταθμού. Από μία γενική θεώρηση προκύπτουν ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά συμπεράσματα. Το σύνολο των εγκατεστημένων στη χώρα σταθμών ανέρχεται σε 1.613 από τους οποίους σήμερα βρίσκονται σε λειτουργία οι 1.066. Η πυκνότητα των σταθμών στο χώρο παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις με ακραίες περιπτώσεις από τη μία τη συγκέντρωση σταθμών διάφορων φορέων σε συγκεκριμένη θέση και από την άλλη, την παντελή απουσία τους σε εκτεταμένες περιοχές. Ακόμη, η πυκνότητα των σταθμών ελαττώνεται σημαντικά όσο μεγαλώνει το υψόμετρο παρόλο ότι αυξάνει το υδρολογικό ενδιαφέρον. Τέλος, εντυπωσιακό είναι το γεγονός ότι ο Φορέας με το μεγαλύτερο ποσοστό ανάπτυξης σταθμών στη χώρα είναι το ΥΠ.Α.Α.Τ. που έχει σε λειτουργία το 43% του συνόλου των σταθμών.

Τα κλιματικά στοιχεία που συλλέχθηκαν και παρουσιάζονται στη συνέχεια περιλαμβάνουν μηνιαίες τιμές για το ύψος βροχής και της μέσης θερμοκρασίας.

Από τις αναγνώσεις των βροχομετρικών οργάνων προσδιορίζεται αρχικά το ημερήσιο ύψος βροχής για κάθε βροχομετρικό σταθμό. Στην συνέχεια, από τα δεδομένα πλέον ημερήσια ύψη βροχής, προσδιορίζονται ως άθροισμα των σχετικών ημερησίων υψών τα μηνιαία ύψη βροχής ή τα ύψη αυτής κατά την διάρκεια οποιασδήποτε χρονικής περιόδου μικρότερης του έτους (π.χ. εβδομάδας, εποχής κ.λπ). Τέλος, προσδιορίζεται το ετήσιο ύψος βροχής το οποίο αναφέρεται στην διάρκεια του ονομαζόμενου υδρολογικού έτους.

Ως Υδρολογικό έτος χαρακτηρίζεται μια χρονική περίοδος με διάρκεια ίση προς το ημερολογιακό έτος, η αρχή της οποίας όμως είναι διαφορετική της αρχής

εκείνου και επιλέγεται κατά τρόπον ώστε να συμπίπτει με την έναρξη της βροχερής περιόδου για μια περιοχή. Έτσι, για την Ελλάδα το Υδρολογικό έτος αρχίζει 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου και λήγει 30<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου (Todd, 1980).

Από της ανωτέρω προσδιορισθείσες τιμές καθορίζονται στη συνέχεια το μέγιστο και το ελάχιστο ύψος βροχής ισόχρονων περιόδων (πχ μηνών) κατά την διάρκεια του Υδρολογικού έτους. Από ομοειδείς παρατηρήσεις μιας σειράς ετών υπολογίζεται, ως αριθμητικός μέσος όρος, το μέσο ύψος βροχής συγκεκριμένης περιόδου (ημέρας, εβδομάδας, μήνα, εποχής) ή του έτους, το οποίο καλείται αντιστοίχως μέσο ημερήσιο, μέσο εβδομαδιαίο, μέσο εποχιακό ή μέσο ετήσιο ύψος βροχής.

Τα δεδομένα καθώς και οι σχετικοί υπολογισμοί μέσων, μέγιστων και ελάχιστων τιμών παρουσιάζονται πλήρως σε μορφή πινάκων. Τα δεδομένα συνοδεύονται από τα διαγράμματα στα οποία παρουσιάζονται οι χρονικές μεταβολές των επιμέρους στοιχείων και οι κατανομές τους κατά τη διάρκεια μιας επιλεγμένης δεκαετίας που για την περίπτωση της μεταπτυχιακής εργασίας είναι τα υδρολογικά έτη της περιόδου 1992 – 2002. Στους σταθμούς στους οποίους δεν συμπεριλαμβάνονται στοιχεία για την περίοδο αναφοράς, εφαρμόστηκε η μέθοδος η οποία βασίζεται στην ύπαρξη ταυτόχρονων παρατηρήσεων σε τρεις γειτονικούς σταθμούς οι οποίοι είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι γύρω από το σταθμό με τις ελλειπείς παρατηρήσεις και παρουσιάζουν υδρολογική ομοιογένεια (Παπαμιχαήλ, 2001).

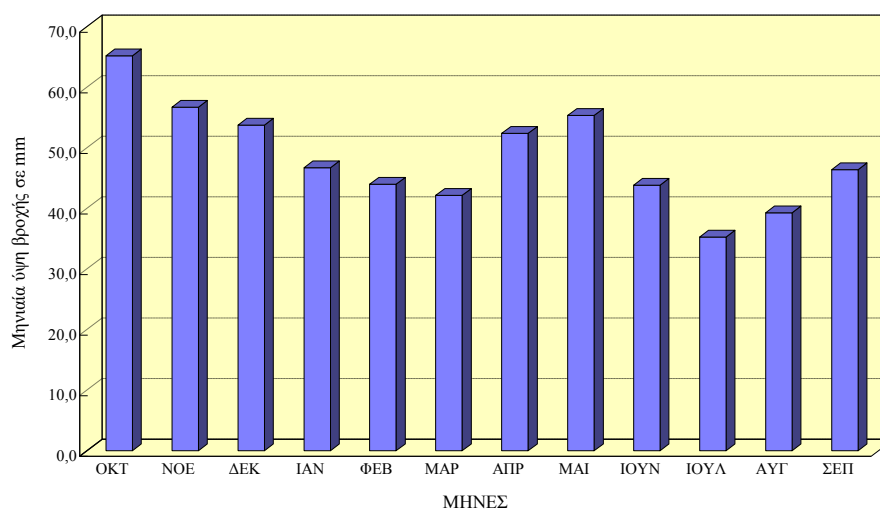
Στη συνέχεια, παρατίθενται τα δεδομένα πέντε (5) συνολικά υδρομετεωρολογικών σταθμών τα οποία παρουσιάζονται σε αντίστοιχα διαγράμματα.

## 1. Σταθμός Μεσοβούνου

Ο μετεωρολογικός σταθμός του Μεσόβουνου ανήκει στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠ.Α.Α.Τ). Η υψομετρική θέση του σταθμού στην υπολεκάνη (21) είναι +685,0 m και στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται τα μηνιαία ύψη βροχής σε mm.

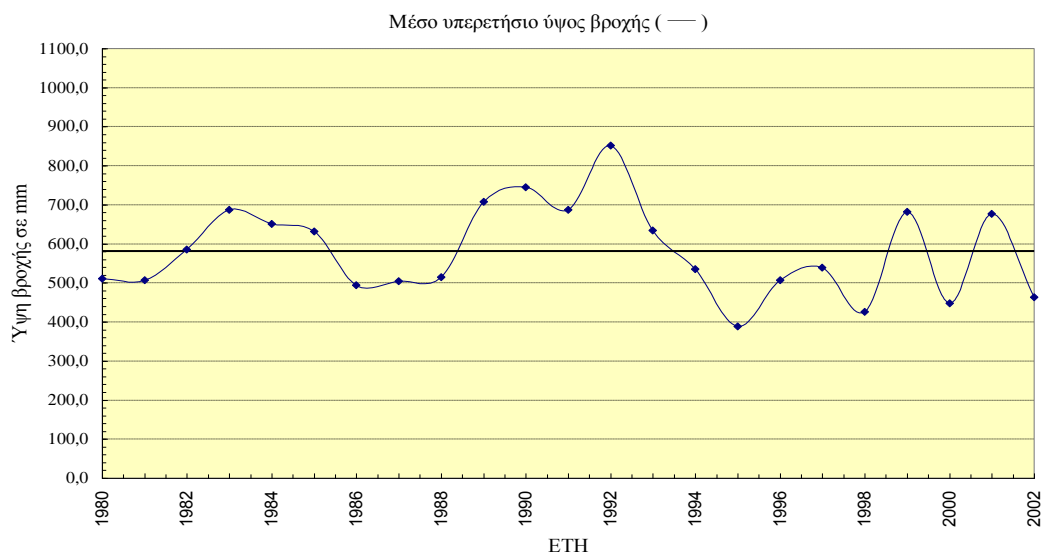
Η χρονική διάρκεια καταγραφής των μηνιαίων υψών βροχής αφορά τα υδρολογικά έτη 1980 έως 2002. Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.6 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής του σταθμού σε mm.
- Στο σχήμα 2.7 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων κατά τα έτη 1980 – 2002, καθώς επίσης και ο μέσος όρος αυτών.



**Σχήμα 2.6 :** Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής σε (mm).



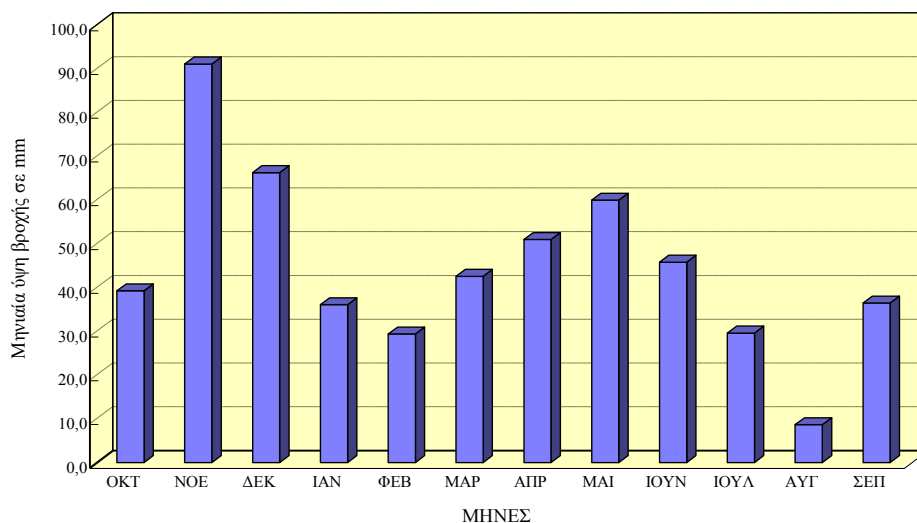


**Σχήμα 2.7 :** Η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων και το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής σε mm.

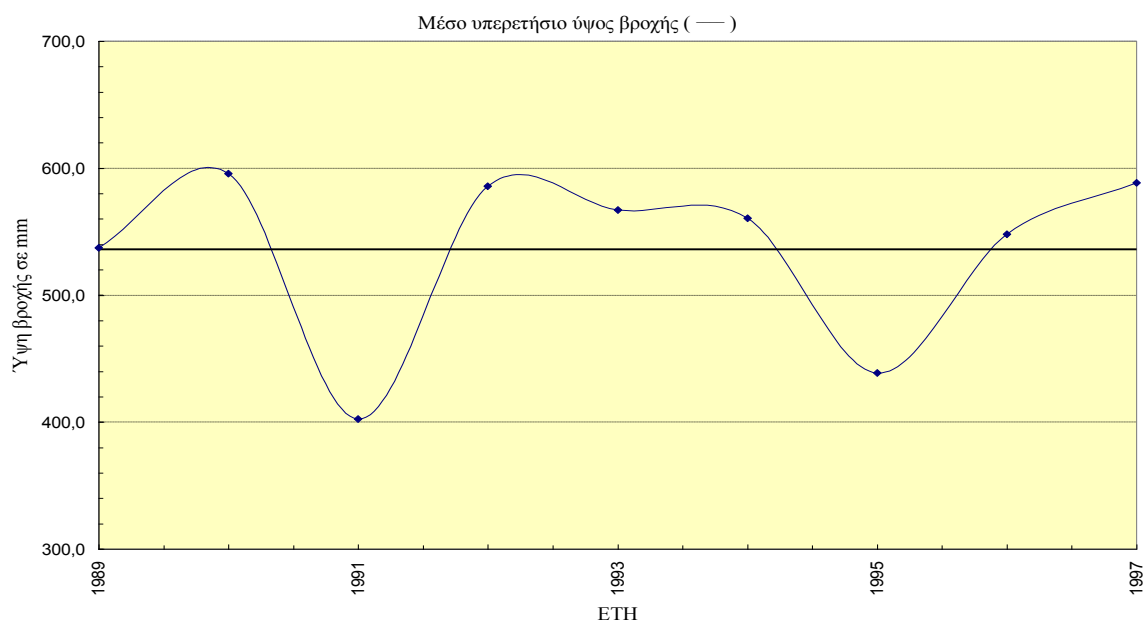
## 2. Σταθμός Περδίκια

Ο μετεωρολογικός σταθμός Πέρδικας ανήκει στο ΥΠ.Α.Α.Τ. Η υψομετρική θέση του σταθμού είναι +586,0m και στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται τα μηνιαία ύψη βροχής σε mm και οι μηνιαίες εξατμίσεις σε mm. Η χρονική διάρκεια καταγραφής των μηνιαίων υψών βροχής αφορά τα έτη 1989 έως 1997. Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.8 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής του σταθμού σε mm.
- Στο σχήμα 2.9 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων κατά τα έτη 1989 – 1997, καθώς επίσης και ο μέσος όρος αυτών.



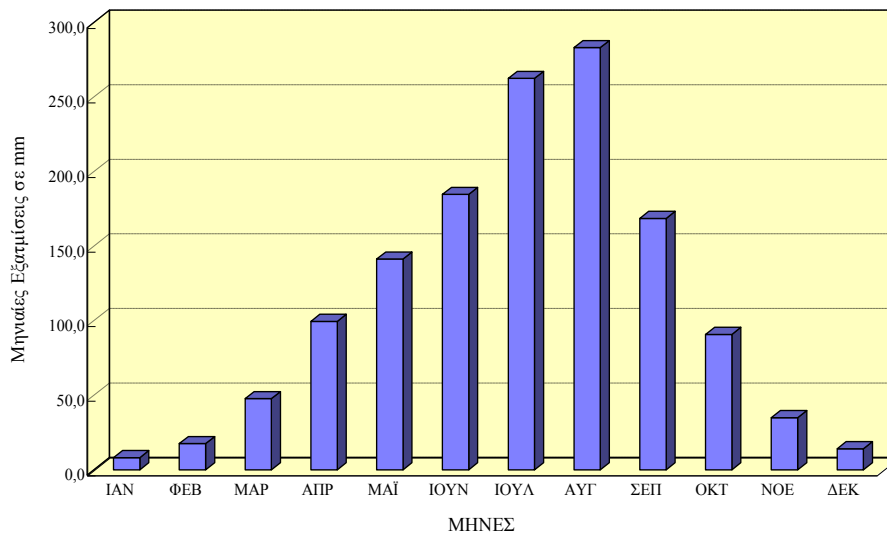
**Σχήμα 2.8 :** Μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε mm.



**Σχήμα 2.9 :** Η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων και το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής σε mm.

Η χρονική διάρκεια καταγραφής των μηνιαίων υψών εξάτμισης αφορά τα έτη 1959 έως 1967. Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη εξάτμισης παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.10, παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης του σταθμού σε mm.

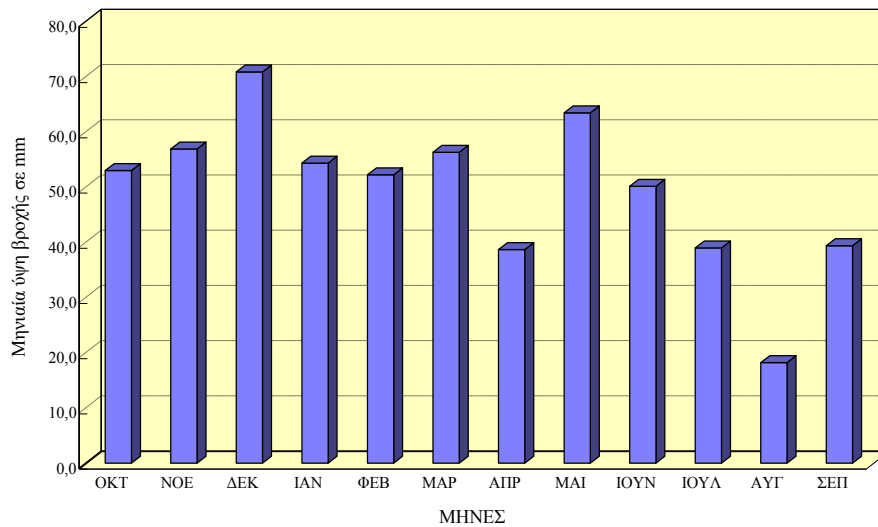


**Σχήμα 2.10 :** Μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης σε mm.

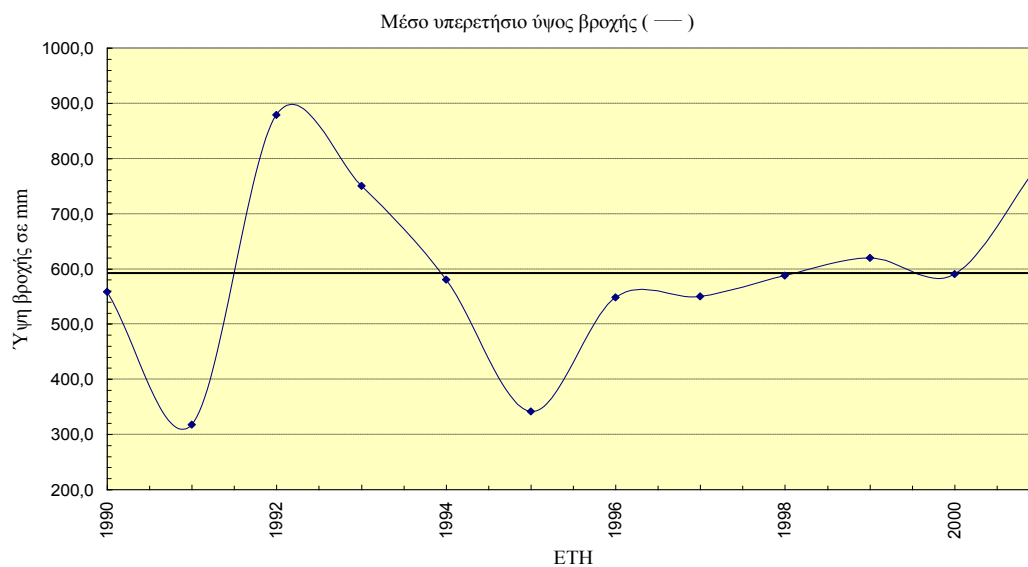
### 3. Σταθμός Πτολεμαΐδας

Ο μετεωρολογικός σταθμός Πτολεμαΐδας, ανήκει στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Η υψομετρική θέση του σταθμού είναι +602,5m και στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται τα μηνιαία ύψη βροχής σε mm. Η χρονική διάρκεια καταγραφής των μηνιαίων υψών βροχής αφορά τα έτη 1960 έως 1971. Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.11 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής του σταθμού σε mm.
- Στο σχήμα 2.12 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων κατά τα έτη 1991 – 2001, καθώς επίσης και ο μέσος όρος αυτών.



**Σχήμα 2.11 :** Μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε mm.



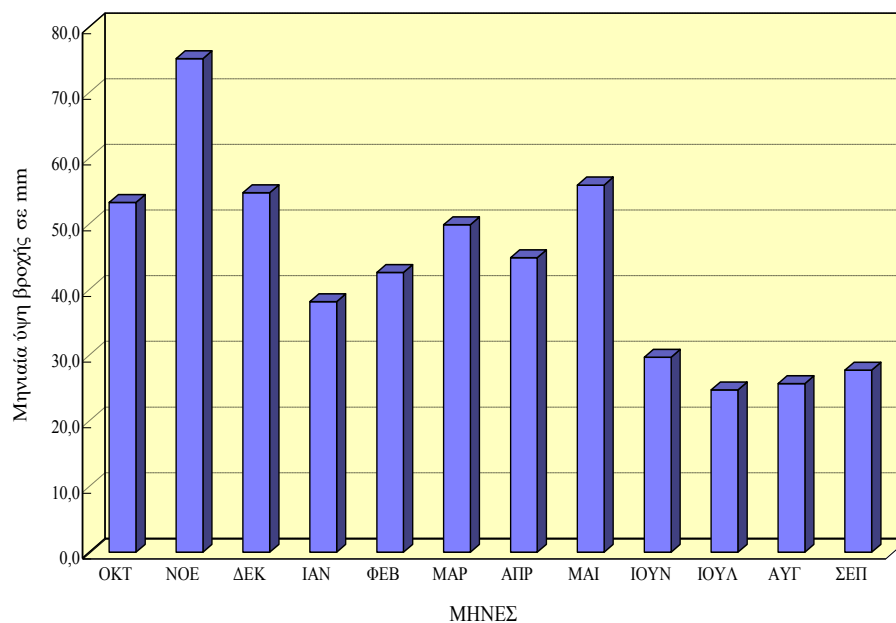
**Σχήμα 2.12 :** Η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων και το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής σε mm.

#### 4. Σταθμός Λιμνοχωρίου

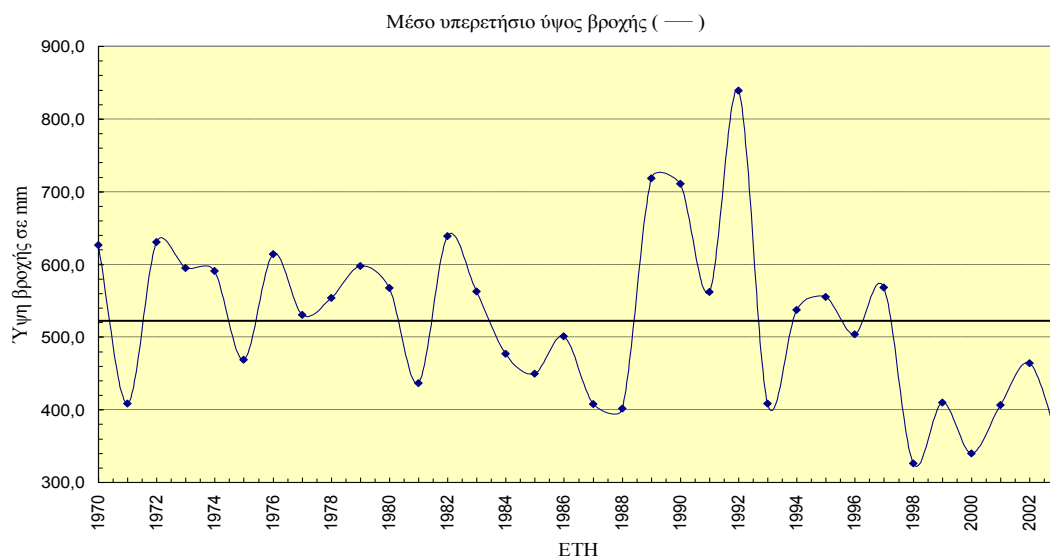
Ο μετεωρολογικός σταθμός του Λιμνοχωρίου ανήκει στο Υπουργείο Γεωργίας. Η υψομετρική θέση του σταθμού είναι +598,96 m και στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα μηνιαία ύψη βροχής σε mm και η στάθμη της λίμνης

Ζάχαρης που καταγράφεται από τον σταθμηγράφο. Η χρονική διάρκεια καταγραφής των μηνιαίων υψών βροχής αφορά τα έτη 1970 έως 2003. Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.13 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής του σταθμού σε mm.
- Στο σχήμα 2.14 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων για τα έτη 1970 έως 2003, καθώς επίσης και ο μέσος όρος αυτών.



**Σχήμα 2.13 :** Μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε mm.

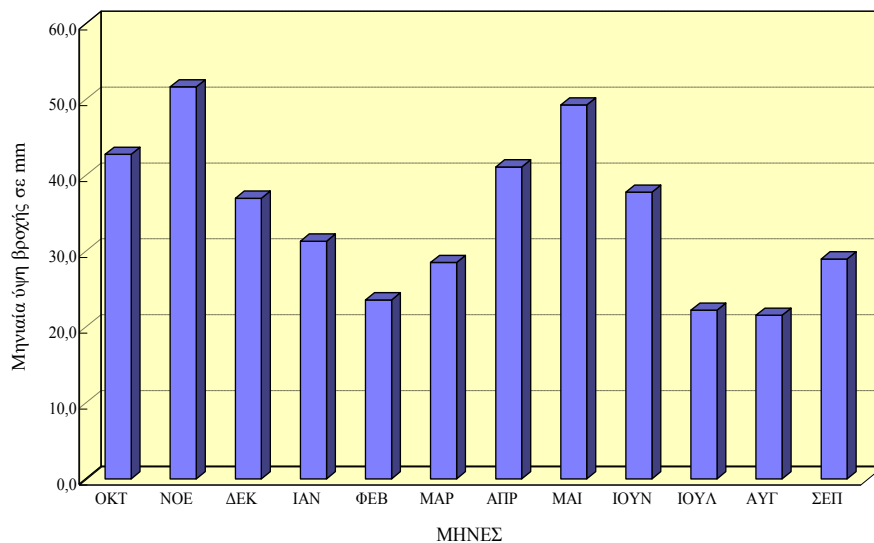


**Σχήμα 2.14 :** Η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων και το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής σε mm.

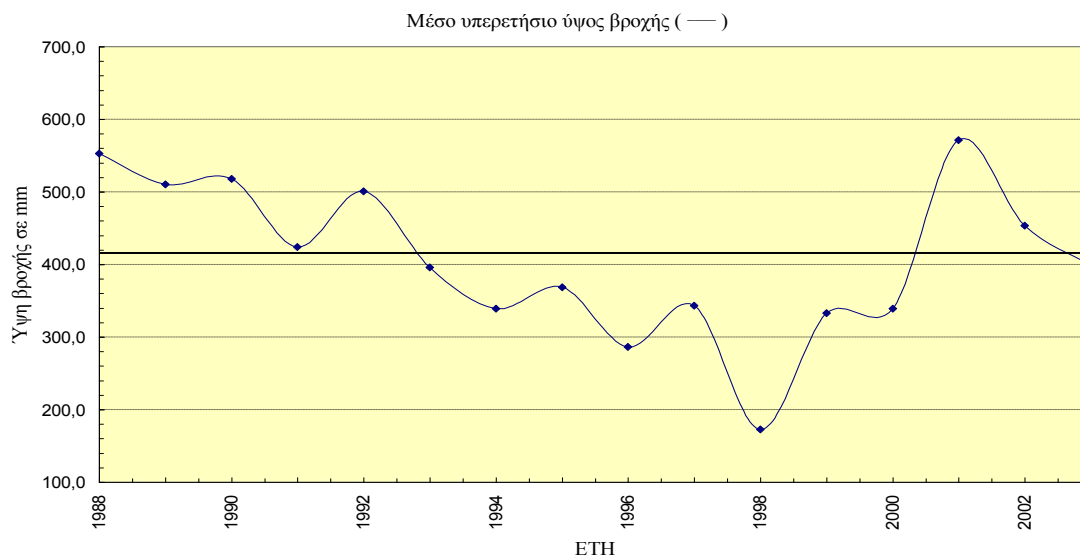
## 5. Σταθμός Αμυνταίου

Ο μετεωρολογικός σταθμός του Αμυνταίου ανήκει στο ΥΠ.Α.Α.Τ. Η υψομετρική θέση του σταθμού είναι +579,48 m και στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται τα μηνιαία ύψη βροχής σε mm και εξάτμισης. Η χρονική διάρκεια καταγραφής των μηνιαίων υψών βροχής αφορά τα έτη 1988 έως 2003. Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη βροχής παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.15 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχής του σταθμού σε mm.
- Στο σχήμα 2.16 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων για τα έτη 1988 έως 2003, καθώς επίσης και ο μέσος όρος αυτών σε mm.



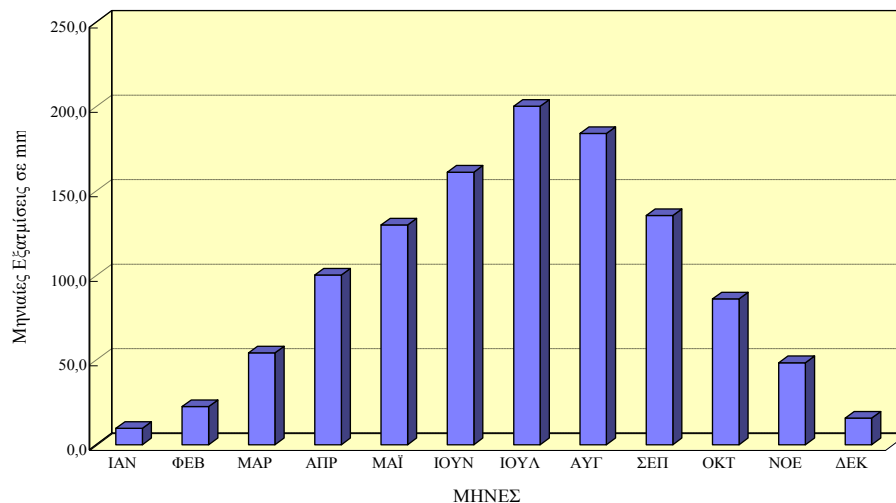
**Σχήμα 2.15 :** Μέσα μηνιαία ύψη βροχής σε mm.



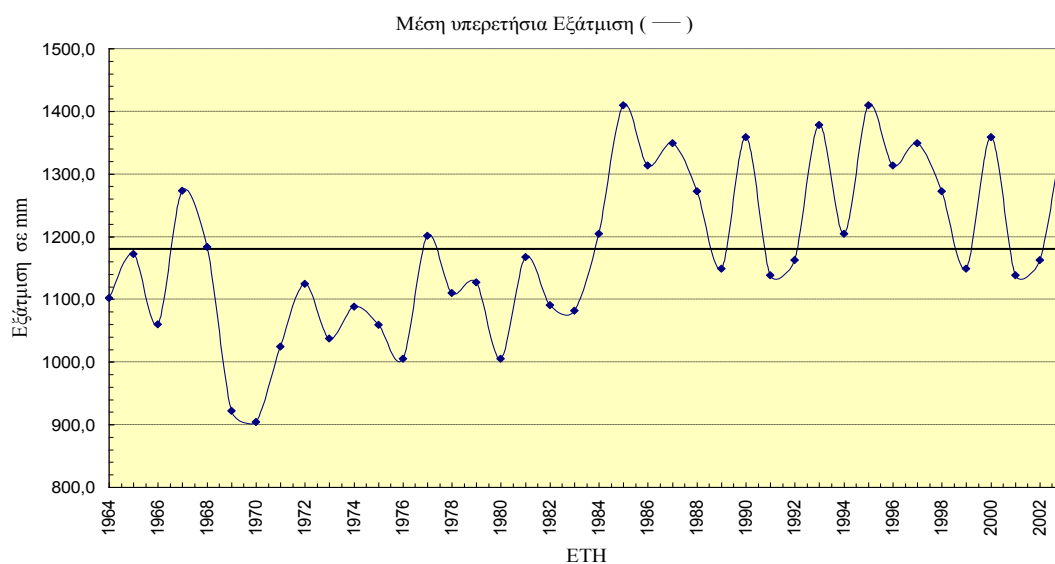
**Σχήμα 2.16 :** Η χρονική εξέλιξη των βροχοπτώσεων και το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής σε mm.

Σχηματικά για τα μηνιαία ύψη εξάτμισης, παρουσιάζονται τα εξής:

- Στο σχήμα 2.17 παρουσιάζονται τα μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης του σταθμού σε mm.
- Στο σχήμα 2.18 παρουσιάζεται η χρονική εξέλιξη της εξάτμισης για τα έτη 1964 έως 2003, καθώς επίσης και ο μέσος όρος αυτών σε mm.



**Σχήμα 2.17 :** Μέσα μηνιαία ύψη εξάτμισης σε mm.



**Σχήμα 2.18 :** Η χρονική εξέλιξη της εξάτμισης και το μέσο υπερετήσιο ύψος αυτής σε mm.

## 2.2.2 Λιμνολογικά δεδομένα

### 2.2.2.1 Γενικά στοιχεία και λεκάνη απορροής

Η λεκάνη απορροής, αποτελεί ένα ανοιχτό φυσικό σύστημα στο οποίο εισέρχονται ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και ηλιακή ενέργεια και εξέρχονται οι



επιφανειακές απορροές των ρευμάτων, οι ποσότητες του νερού που αντιστοιχούν στην εξατμισοδιαπνοή και η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία. Συγχρόνως αποτελεί και μια ανεξάρτητη μορφολογική ενότητα, η οποία χαρακτηρίζεται από διάφορες μορφολογικές παραμέτρους που εκφράζουν τη μορφή του ανάγλυφου και του υδρογραφικού της δικτύου (Σπυρίδης & Κουτάλου, 2000).

Η μορφολογική εικόνα και οι γεωμορφολογικές συνθήκες μιας υδρολογικής λεκάνης, αποτελούν μια συνθετική γεωμορφολογική εικόνα, που αποτελεί το στατιστικό αποτέλεσμα των επιμέρους λεκανών (υπολεκανών) που αναπτύσσονται σ' αυτήν και εκφράζονται από τις μέσες μορφομετρικές τους παραμέτρους. Η τελική μορφολογική εικόνα που παρουσιάζει η υδρολογική λεκάνη, είναι το σύνθετο αποτέλεσμα που διαμορφώνεται κατά τη δράση των παραγόντων της διάβρωσης και της αποσάθρωσης από τη μια και της αντίδρασης των πετρωμάτων στη διάβρωση και την κίνηση του νερού μέσα σ' αυτά από την άλλη. Σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση του ανάγλυφου της λεκάνης είναι η νεότερη ρηξιγενής τεκτονική της περιοχής.

Ως λεκάνη απορροής στην διεθνή βιβλιογραφία χαρακτηρίζεται ένα τμήμα της επιφάνειας της γης στο οποίο υπάρχει ένα υδρογραφικό – αποστραγγιστικό δίκτυο (τα υδατορρεύματα διαφόρων τάξεων) και από το οποίο η όλη επιφανειακή απορροή διέρχεται από μία διατομή του κύριου ρεύματος. Η διατομή αυτή χαρακτηρίζεται ως η έξοδος της λεκάνης απορροής. Είναι εύκολα αντιληπτό ότι οποιαδήποτε διατομή του κύριου ρέματος μπορεί να αποτελέσει την έξοδο μιας λεκάνης απορροής, εκείνης η οποία αντιστοιχεί στην διατομή αυτή.

Από φυσικής και τοπογραφικής σκοπιάς, η λεκάνη απορροής ορίζεται από μία κλειστή υψηλή γραμμή, που καλείται υδροκρίτης, η οποία ενώνει τα υψηλότερα σημεία της θεωρούμενης περιοχής στα οποία λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των υδάτων της απορροής μεταξύ γειτονικών λεκανών απορροής. Η λεκάνη απορροής με

την σειρά της χωρίζεται σε επιμέρους υπολεκάνες. Με τον όρο υπολεκάνη εννοούμε, την εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών σε συγκεκριμένο σημείο υδάτινου ρεύματος (συνήθως λίμνης ή συμβολής ποταμών).

Η λεκάνη απορροής αποτελεί μία αυτοτελή υδρολογική μονάδα. Ως εκ τούτου, η λεκάνη απορροής στο σύνολό της αποτελεί αντικείμενο πολλών ειδικών υδρολογικών μελετών (π.χ σχέσεις μεταξύ βροχόπτωσης – απορροής, συνολικός όγκος απορροής για διάφορα χρονικά διαστήματα). Για τις μελέτες αυτές κρίνεται απαραίτητη η γνώση της φυσιογραφίας της λεκάνης απορροής.

Από την επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας και σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, τα εμβαδά των λιμνών, στην λεκάνη απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας είναι πίνακα 2.4 :

**Πίνακας 2.4 :** Εμβαδά των λιμνών.

<b>α/α</b>	<b>Ονομασία Λίμνης</b>	<b>Εμβαδό Λίμνης σε (km<sup>2</sup>)</b>
Λ1	Λ. Βεγορίτιδα	46
Λ2	Λ. Πετρών	12
Λ3	Λ. Ζάζαρη	2
Λ4	Λ. Χειμαδίτιδα	10

#### *2.2.2.2 Λίμνη Βεγορίτιδα*

Τα υδρολογικά στοιχεία της συνέχειας, αντικατοπτρίζουν την δυσμενή κατάσταση που επικρατεί στη περιοχή, καθώς είναι εμφανής η φθίνουσα πορεία των λιμνών. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται με μορφή διαγραμμάτων στη συνέχεια,

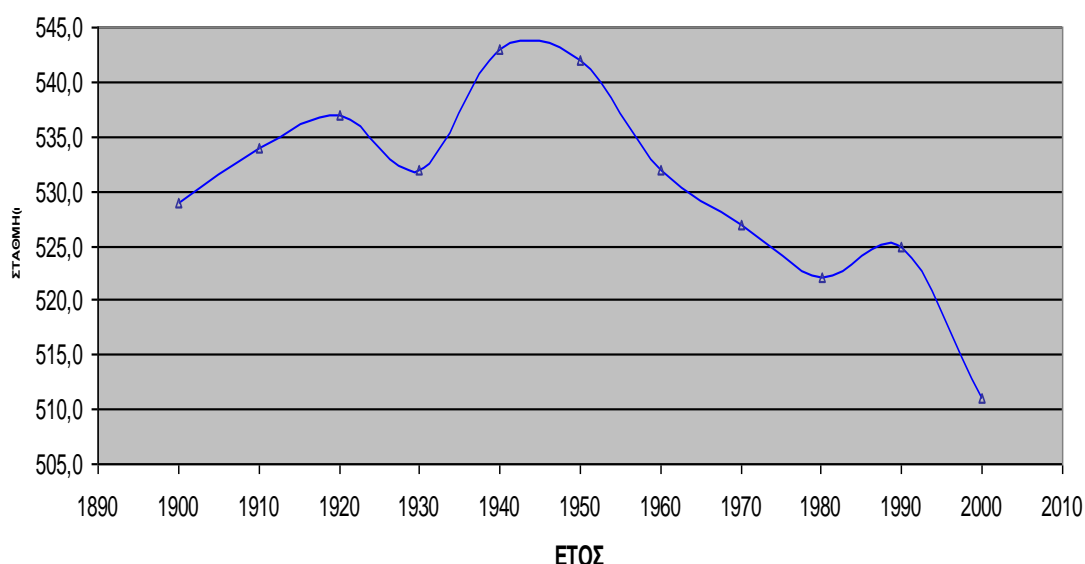
συλλέχθηκαν για τις λίμνες Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη, για το ρέμα Σούλου και για τη σήραγγα της Άρνισσας.

Τα δεδομένα προέκυψαν από μετρήσεις με σταθμήμετρο και σταθμηγράφο του ΥΠ.Α.Α.Τ. Το σταθμήμετρο διαθέτει μια κλίμακα διαιρεμένη σε μέτρα και εκατοστόμετρα και χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό στάθμης υδατορεύματων, δηλαδή έχει περιορισμένη εφαρμογή. Ο σταθμηγράφος αντίστοιχα, είναι ένα ειδικό όργανο για την αυτόματη μέτρηση και καταγραφή της στάθμης του νερού. Σ' αυτόν μια γραφίδα που κινείται εγκάρσια προς τη διεύθυνση μετατοπίσεως μιας λωρίδας διαιρεμένου χάρτη, μετακινούμενου με τη βοήθεια ωρολογιακού μηχανισμού, καταγράφει συνεχώς την επιφάνεια του νερού.

Η ευρύτερη περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας αποτέλεσε ιδιαίτερο αντικείμενο έρευνας, λόγω της γεωλογικής ιδιομορφίας της, του φυσικού της κάλλους αλλά κυρίως της σιδηροδρομικής γραμμής Θεσσαλονίκης – Φλώρινας και παλαιότερα Θεσσαλονίκης – Μοναστηρίου, η οποία διέρχεται και διερχόταν περιμετρικά της λίμνης Βεγορίτιδας. Η ανωτέρω ανάγκη συνεχούς παρατήρησης της στάθμης της λίμνης έδωσε τελικά ένα αξιομνημόνευτο στατιστικό δείγμα από στάθμες από το 1895 και εντεύθεν.

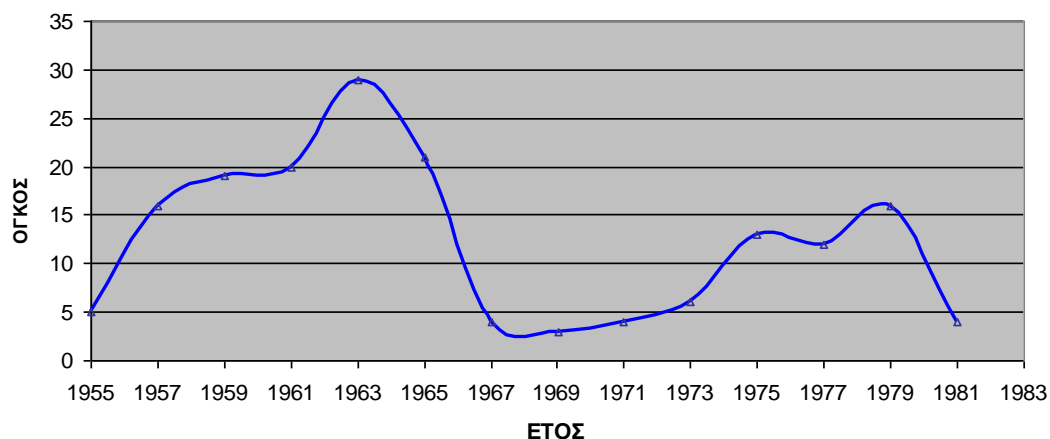
Είναι χαρακτηριστικό ότι η εκφόρτιση της λίμνης γινόταν επιφανειακά μέχρι πριν λίγα χρόνια, μέσω της σήραγγας της Άρνισσας, ένα τεχνικό έργο που άρχισε να λειτουργεί το 1995 με ελάχιστη στάθμη λειτουργίας τα 515,5 m από την επιφάνεια της θάλασσας. Δια μέσου της σήραγγας αυτής, μεγάλες ποσότητες νερού εκφορτίστηκαν από τη Βεγορίτιδα προς τη λίμνη Νησίου, για τις ανάγκες του υδροηλεκτρικού σταθμού του Άγρα και για την άρδευση της πεδιάδας της Έδεσσας. Ο φυσικός τρόπος εκφόρτισης της λίμνης, είναι διαμέσου του υπογείου καρστικού υδροφόρου στρώματος.

Το υψόμετρο της ελεύθερης επιφάνειας της λίμνης παρουσιάζει έντονη διακύμανση κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα με τάση μείωσης από το 1960. Παρά τις μικρές αυξομειώσεις μεταξύ των μικρών χρονικών περιόδων, διαχρονικά έχουν παρατηρηθεί δύο υποπερίοδοι. Την πρώτη υποπερίοδο από τις αρχές του αιώνα μέχρι τη δεκαετία το '40, υπήρχε μια συνεχής μέση αύξηση της στάθμης, ενώ κατά τη δεύτερη υποπερίοδο μετά το 1955 η μέση μείωση της στάθμης ήταν συνεχής, (σχ. 2.19) Συγκεκριμένα, η μείωση της στάθμης της λίμνης από το 1956 μέχρι το 1996 ήταν από το υψόμετρο των 540 m στο υψόμετρο των 510 m.

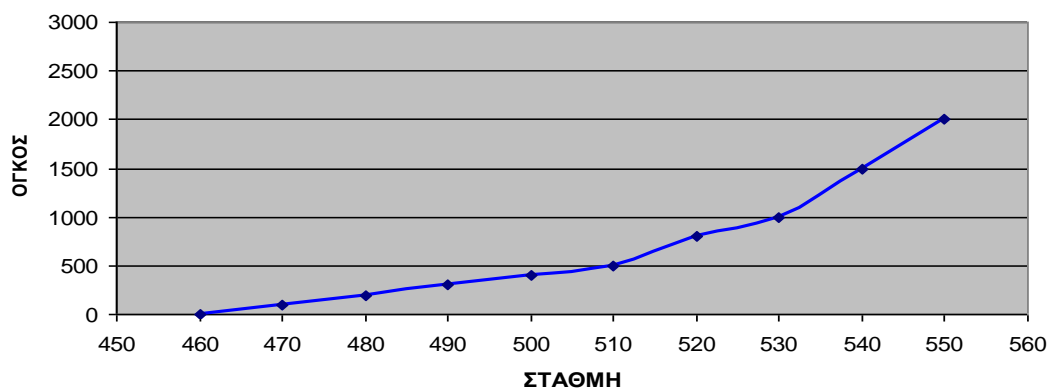


**Σχήμα 2.19 :** Διαχρονική εξέλιξη της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας (1895-1999).

Στενά συνδεδεμένη με τη στάθμη της λίμνης είναι ο όγκος της λίμνης και η έκταση που καταλαμβάνει η ελεύθερη επιφάνεια της. Ο όγκος της λίμνης από  $2200 * 10^6 \text{ m}^3$  στη δεκαετία του '50, μειώθηκε στα  $800 * 10^6 \text{ m}^3$ , ήτοι σε ποσοστό 64% σχήματα 2.20 & 2.21.



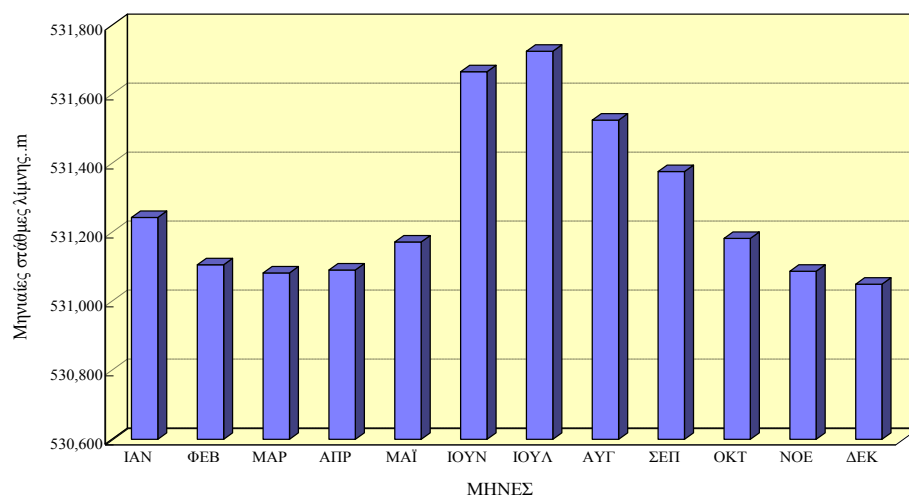
**Σχήμα 2.20 :** Ετήσιος όγκος νερού που διοχετεύτηκε από τη Λ. Βεγορίτιδα στον υδροηλεκτρικό σταθμό Άγρα και στον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας.



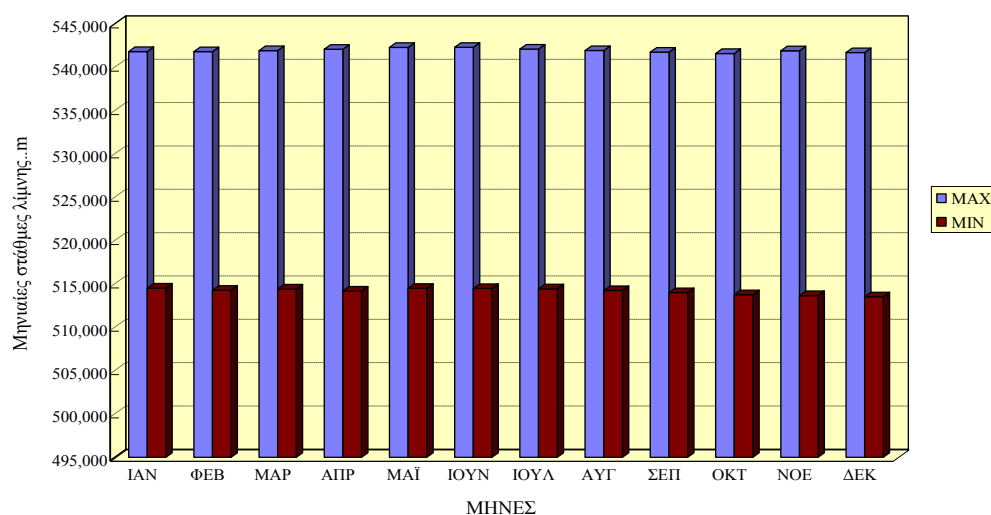
**Σχήμα 2.21 :** Διάγραμμα Απολύτου Υψομέτρου Στάθμης – Όγκου (Λ. Βεγορίτιδα).

Σχηματικά για τη μηνιαία στάθμη της λίμνης Βεγορίτιδος παρουσιάζονται τα εξής:

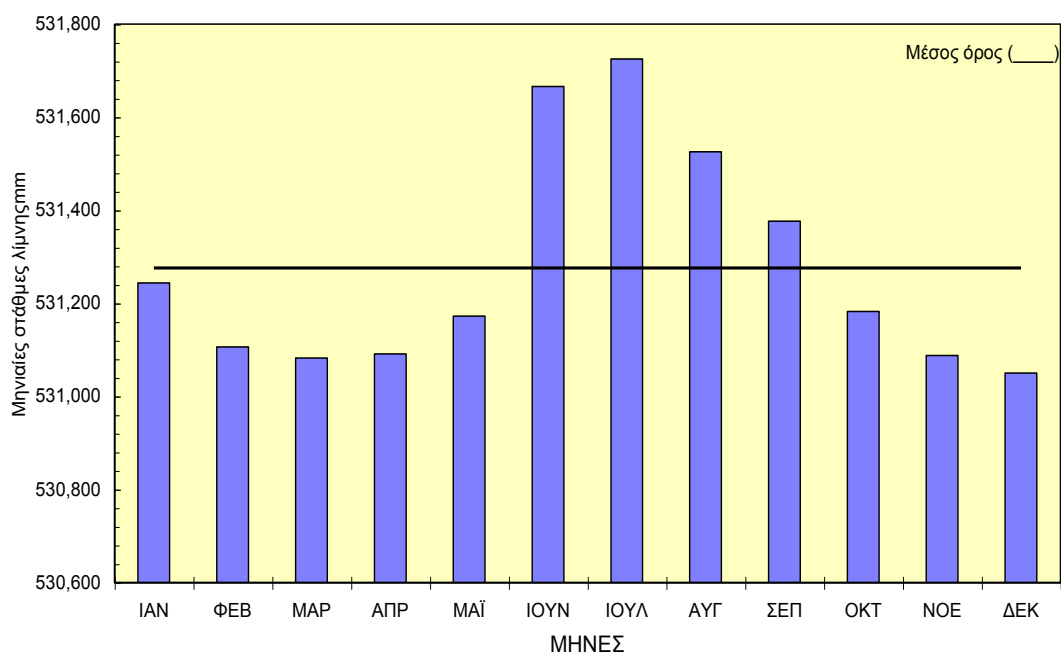
- Στο σχήμα 2.22, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης σε m.
- Στο σχήμα 2.23, παρουσιάζονται οι μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες στάθμες της λίμνης σε m.
- Στο σχήμα 2.24, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης μαζί με τον υπερετήσιο μέσο όρο σε m.



**Σχήμα 2.22 :** Μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης Βεγορίτιδας.



**Σχήμα 2.23 :** Μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες στάθμες της λίμνης Βεγορίτιδας.



**Σχήμα 2.24 :** Μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης Βεγορίτιδας και ο μέσος όρος αυτών.

#### 2.2.2.3 Λίμνη Πετρών – Σήραγγα Άρνισσας

Η λίμνη Πετρών βρίσκεται δυτικά της κωμοπόλεως του Αμυνταίου. Πρόκειται για μία άβαθη λίμνη με μέσο βάθος 2 m, η οποία βρίσκεται σε υψόμετρο περίπου 570 m. Ανήκει στην υδρογεωλογική ενότητα της περιοχής που εξετάζουμε. Μέχρι το 1989 συνδεόταν άμεσα με τη λίμνη Βεγορίτιδα μέσω υπόγειας τεχνητής σήραγγας. Τα στοιχεία που αφορούν τη στάθμη της λίμνης Πετρών και της σήραγγας καταγράφονται από την Υ.Ε.Β. του νομού Φλώρινας και αφορούν στα έτη 1966 – 1989.

Κατά τα έτη 1966 – 1982, η στάθμη της λίμνης παρουσιάζει έντονη διακύμανση. Το μέγιστο ετήσιο υψόμετρο καταγράφηκε το έτος 1974 με 572,13 m ενώ το ελάχιστο το έτος 1989 με 570,72. Οι τιμές αυτές ήταν και τα όρια μέσα στα οποία κυμαινόταν το υψόμετρο την περίοδο αυτή. Το 1982 παρατηρείται η

σημαντικότερη αύξηση του υψομέτρου της στάθμης (από 571,52 m το 1981 σε 572,11 m το 1982). Από το 1982 αρχίζει η συνεχής πτώση της στάθμης, φθάνοντας το έτος 1989 την τιμή 570,71 m. Ωστόσο, για το διάστημα αυτό αξίζει να σημειωθεί, μια μικρή αύξηση της στάθμης που παρατηρήθηκε το έτος 1986 (από 571,10 m το 1985 σε 571,28 mm το 1986). Η σημαντικότερη πτώση παρατηρήθηκε το έτος 1987 όταν από 571,25 m (1987) έφθασε στο 570,79 m (1988).

Η επιφάνεια της λίμνης, όπως έχει ανακοινωθεί από το ΥΠ.Α.Α.Τ. και αναφέρεται στην εισαγωγή, είναι περίπου 12 km<sup>2</sup>. Βέβαια η μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια του έτους επηρεάζεται καθοριστικά από τις βροχοπτώσεις, λόγω του ότι πρόκειται για μικρής έκτασης άβαθη λίμνη. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε πως η στάθμη της λίμνης ανέρχεται από τον Ιανουάριο ως το Μάρτιο και σταθεροποιείται στο υψόμετρο αυτό μέχρι το μήνα Ιούλιο. Στη συνέχεια παρουσιάζει έντονη πτώση ως το μήνα Μάρτιο του επόμενου έτους.

#### *2.2.2.4 Λίμνη Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη*

Οι λίμνες Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη, χωρίζονται με μια στενή λωρίδα γης, πλάτους 2 km περίπου. Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές αποτελούν κατάλοιπο της παλαιάς Εορδαίας λίμνης. Οι πλησιέστεροι οικισμοί προς τις λίμνες είναι του Λιμνοχωρίου (εφάπτεται των ακτών της λίμνης Ζάζαρης) και των Αναργύρων (ανατολικά της λίμνης Χειμαδίτιδας). Αποτελούν ενιαίο υδροτοπικό σύστημα και αναπόσπαστο τμήμα του συμπλέγματος των υγρότοπων της Δυτικής Μακεδονίας (Πρέσπες, Καστορία, Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα, Ζάζαρη).

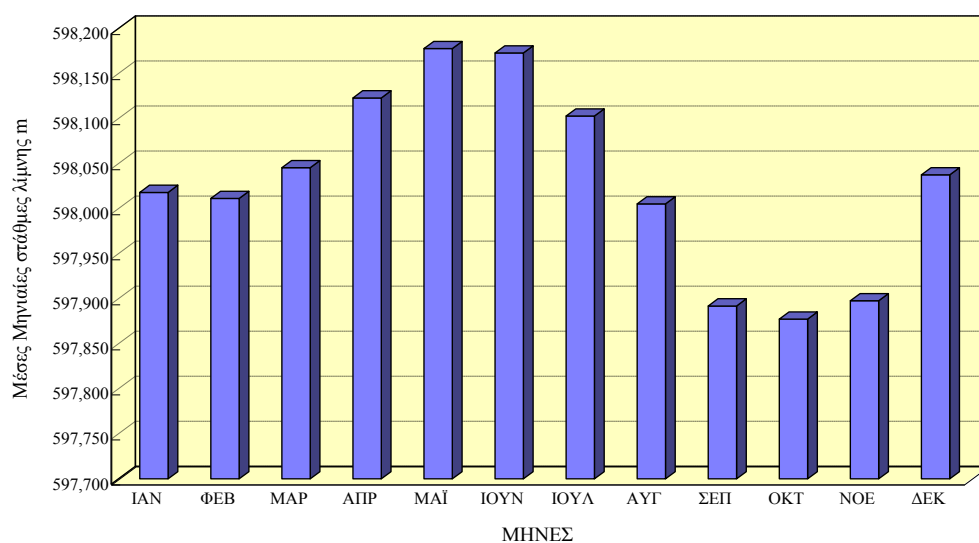
Η έκταση των λιμνών Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη είναι περίπου 10 km<sup>2</sup> και 2 km<sup>2</sup> αντίστοιχα. Η Χειμαδίτιδα είναι άβαθης με μέσο βάθος 1 m. Βρίσκεται σε απόλυτο υψόμετρο +592,40 m, χαμηλότερα της λίμνης Ζάζαρης, της οποίας δέχεται



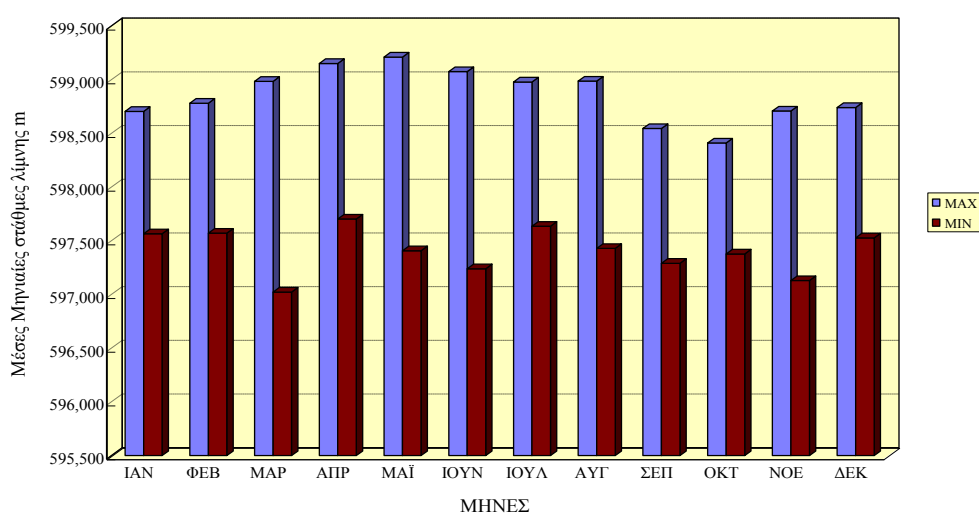
τα νερά. Τα πλεονάζοντα νερά της λίμνης οδηγούνται με διώρυγα στη λίμνη Πετρών. Η Ζάζαρη αποτελεί και αυτή μια άβαθη λίμνη, με μέσο βάθος τα 4,60 m και μέγιστο τα 6,50 m, η οποία συχνά το χειμώνα παγώνει για μερικές εβδομάδες. Βρίσκεται σε υψόμετρο +598,00 m και αποτελεί το υψηλότερο σημείο του συστήματος των τεσσάρων λιμνών, μαζί με την Χειμαδίτιδα, Πετρών και Βεγορίτιδα. Τροφοδοτείται από το χείμαρρο Τριλόφου – Ασπρογείων καθώς και από τα νερά της λεκάνης απορροής της.

Τα δεδομένα που καταγράφονται από την Υ.Ε.Β. του νομού Φλώρινας αναφέρονται στην περίοδο 1960 – 1988 για την λίμνη Ζάζαρη και στην περίοδο 1960 – 1976 για την λίμνη Χειμαδίτιδα. Σύμφωνα με της καταγραφές αυτές, η μέγιστη ετήσια τιμή στάθμης της λίμνης Ζάζαρης παρουσιάστηκε το έτος 1980 με 598,80 m και η ελάχιστη το 1975 με 597,75 m. Για τη λίμνη Χειμαδίτιδα, ο σταθμηγράφος δίνει για το 1960 το μέγιστο υψόμετρο 593,30 m και για το 1961 το ελάχιστο στα 595,95 m. Σχηματικά για τη μηνιαία στάθμη της λίμνης Ζάζαρης παρουσιάζονται τα εξής:

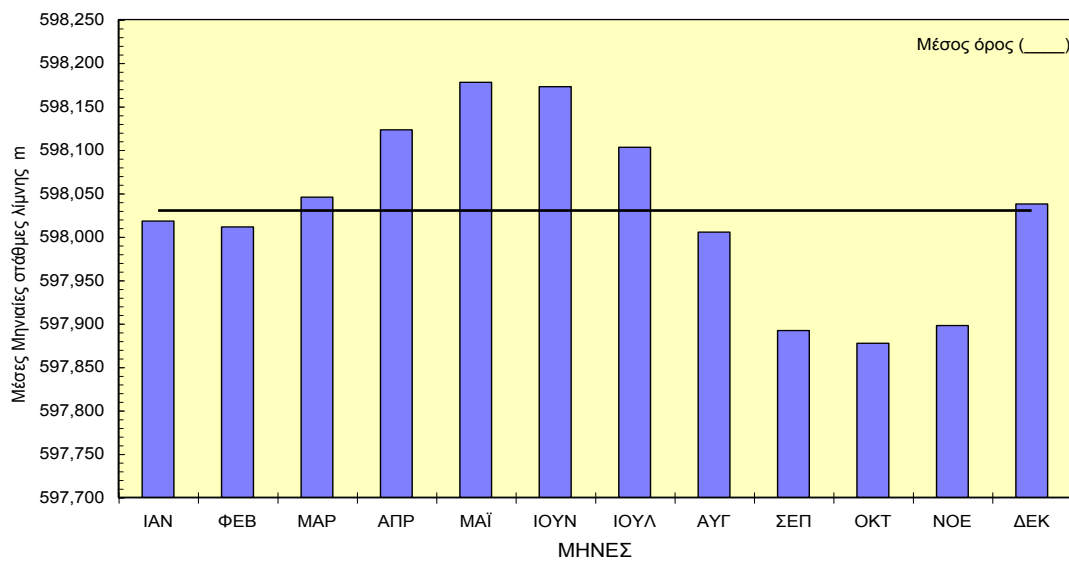
- Στο σχήμα 2.25, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης σε m.
- Στο σχήμα 2.26, παρουσιάζονται οι μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες στάθμες της λίμνης σε m.
- Στο σχήμα 2.27, παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης και ο μέσος όρος αυτών σε m.



**Σχήμα 2.25 :** Μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης Ζάζαρης.



**Σχήμα 2.26 :** Μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες στάθμες της λίμνης Ζάζαρης.



**Σχήμα 2.27 :** Μέσες μηνιαίες στάθμες της λίμνης Ζάζαρης και ο μέσος όρος αυτών.

#### 2.2.2.5 Ποταμός Σουλού

Πρόκειται για ρέμα που διευθετήθηκε τη δεκαετία του 1950, προκειμένου να αποξηραθεί η λίμνη Σαριγκιόλ της περιοχής Πτολεμαΐδας του Νομού Κοζάνης. Βρίσκεται σε υψόμετρο μεταξύ 680 και 750 m, το μήκος του ανέρχεται σε 45 km και εκβάλλει στη λίμνη Βεγορίτιδα. Η μέση ετήσια παροχή του, κυμαίνεται από 0,2 – 0,3 m<sup>3</sup>/sec. Στην ουσία σήμερα τροφοδοτείται, από τα απόβλητα των ατμοηλεκτρικών σταθμών Πτολεμαΐδας, οι οποίοι αντλούν νερό από την τεχνητή λίμνη Πολυφύτου, για την κάλυψη των αναγκών τους, καθώς και από τα απόβλητα του Δήμου Πτολεμαΐδας.

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στη συνέχεια, αναγράφονται σε μετρήσεις παροχής του Σουλού που έγιναν από διάφορες Υπηρεσίες, κυρίως στη γέφυρα του Πενταβρύσου που βρίσκεται περίπου 17 km ανάντη των εκβολών του στη λίμνη Βεγορίτιδα. Τέτοιου είδους μετρήσεις έγιναν από τον ΠΕΡΠΑ την περίοδο 1987 –

1992 τη Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και αξιοποίησης Εδαφουδατικών Πόρων του Υπουργείου Γεωργίας την περίοδο 1983 – 1988 και από την Υ.Ε.Β. του Νομού Κοζάνης. Στοιχεία από το συγκεκριμένο ποταμό αναφορικά με τις παραμέτρους πύτητας των υδάτων του και πως αυτές επηρεάζουν τελικά τη λίμνη Βεγορίτιδα, υπάρχουν στην εργασία των Neofitou et al. 2005.

**Από τα δεδομένα της Διεύθυνσης Σχεδιασμού προκύπτει :**

- Για την περίοδο 1983 – 1988 μέση ετήσια παροχή ίση με  $22 * 10^6 \text{ m}^3$ .
- Μέγιστη ετήσια παροχή ίση με  $31,52 * 10^6 \text{ m}^3$  το έτος 1984
- Ελάχιστη ετήσια παροχή ίση με  $17,95 * 10^6 \text{ m}^3$  το έτος 1985.

**Από τα στοιχεία του ΠΕΡΠΑ έχουμε:**

- Για την περίοδο 1987 – 1992, μέση ετήσια παροχή ίση με  $20,92 * 10^6 \text{ m}^3$ .
- Μέγιστη ετήσια παροχή ίση με  $29,78 * 10^6 \text{ m}^3$  το έτος 1991
- Ελάχιστη ετήσια παροχή ίση με  $13,89 * 10^6 \text{ m}^3$  το 1990.

Η Υ.Ε.Β. του νομού Κοζάνης μετρά την παροχή του ποταμού Σουλού σε τρία σημεία. Οι παροχές για το έτος 1992 είναι  $10,92 * 10^6 \text{ m}^3$  στον Α.Η.Σ. Καρδίας,  $13,02 * 10^6 \text{ m}^3$  στον Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου και  $24,85 * 10^6 \text{ m}^3$  στη γέφυρα Πενταβρύσου.

#### 2.2.2.6 Χλωρίδα και πανίδα

- Υδρόβια Χλωρίδα.

Οι υδρόβιες φυτοκοινωνίες εξαπλώνονται σχεδόν κατά μήκος των ΒΑ και τμήματος των ΝΑ κρασπέδων της λίμνης, όπου το έδαφος είναι αμμοπηλώδες και σε απόσταση από την ακτή 50 μέτρων περίπου (βάθος νερού έως 2 m).

Οι υδρόβιες φυτοκοινωνίες ανήκουν στην φυτοκοινωνική ένωση *Myriophyllum - Nypharaetum*. Το κυριότερο υδρόφυτο είναι το *Myriophyllum*

*spicatum* το οποίο καταλαμβάνει περίπου το 80% της έκτασης. Ανάμεσα σε αυτά εμφανίζονται μονήρη άτομα του *Vallisneria spiralis* (5%) του *Potamogeton pectinatus* και του *Alisma gramineum* (5%) και τα υπόλοιπα 10% καταλαμβάνονται από το *Potamogeton perfoliatus*. Οι υδρόβιες αυτές φυτοκοινωνίες φθάνουν μέχρι βάθους νερού 2m, όπου αντιπροσωπεύονται μόνο από άτομα του είδους *Potamogeton perfoliatus*.

Οι ελόβιες φυτοκοινωνίες αντιπροσωπεύονται από άτομα του είδους *Phragmites communis* τα οποία σχηματίζουν μεμονωμένες, νανόμορφες και μικρής ζωτικότητας μικροαποικίες σε μικρές εκτάσεις αμμοπηλωδών όχθων και παρόχθιων του ΒΑ τμήματος της λίμνης. Μέσα στο νερό, φθάνουν μέχρι βάθος 1,5 m (Σπυριδής κ.ά., 2000).

- Χλωρίδα της γύρω περιοχής.

Γύρω από τη λίμνη υπάρχουν λοφώδεις εκτάσεις που χαρακτηρίζονται από έλλειψη βλάστησης. Τα σημαντικότερα φυτικά είδη που απαντώνται είναι τα κάτωθι:

### 1) ΔΕΝΤΡΑ

<i>Populus nigra</i>	καβάκι
<i>Caprinus betulus</i>	γαύρος
<i>Quercus conferta</i>	δρυς η πλατύφυλλος
<i>Quercus cerris</i>	δρυς η ευθύφλοιος
<i>Platanus orientalis</i>	πλατάνι
<i>Prunus domestica</i>	δαμασκηνιά
<i>Pirus malus</i>	αγριομηλιά

## **2) ΘΑΜΝΟΙ**

<i>Juniperus oxycedrus</i>	άρκευθος
<i>Salix purpurea</i>	σάλιξ η πορφυρά
<i>Quercus coccifera</i>	πρίνος, πουρνάρι.
<i>Fraxinus ornus</i>	φράξος
<i>Oraetagus oxyacantha</i>	κράιταγος
<i>Cornus mas</i>	κρανέα
<i>Paliurus aculeatus</i>	παλιούρι
<i>Spartium junceum</i>	
<i>Sambucus nigra</i>	σαμβούκος
<i>Poterium spinosum</i>	αφάνα

## **3) ΠΟΩΔΗ**

- οικ. *Geraniaceae*
- οικ. *Gramineae*
- οικ. *Ranunculaceae*
- οικ. *Rosaceae*
- οικ. *Rublaceae*

- Πανίδα του λιμναίου συστήματος.

### **1) ΑΜΦΙΒΙΑ**

<i>Rana sp</i>	Βάτραχος
----------------	----------

### **2) ΕΡΠΕΤΑ**

<i>Triton cristatus</i>	Νερόφιδο
-------------------------	----------

### **3) ΠΟΥΛΙΑ**

Διερχόμενα

<i>Anas boschas</i>	Πρασινοκεφαλόπαπια
<u>Φωλιάζοντα</u>	
<i>Fulica alta</i>	Μαυρόκοτα
<i>Rallus aquaticus</i>	Νερόκοτα
<i>Anas strepera</i>	πάπια πρασινοκέφαλη
<i>Podiceps ruficalis</i>	Βουτηχτάρι
<i>Larus melanocerhalus</i>	γλάρος μελανοκέφαλος
<i>Larus sp</i>	γλάρος άσπρος
<b>4) <u>ΙΧΘΕΙΣ</u></b>	
<i>Cyprinus cabrio</i>	Κυπρίνος
<i>Rutilus rubilio</i>	Πλατίκα
<i>Coregonus Fluviatilis</i>	κορέγονος (από διασπορά) κινδυνεύει να εξαφανιστεί
<i>Silupus Glanis</i>	γουλιανός - κινδυνεύει να εξαφανιστεί
<i>Rutilus Rutilus</i>	τσιρόνι – αυξάνει
<i>Esox lucius</i>	Τούρνα
<i>Barbus sp</i>	μπριάνα - κινδυνεύει να εξαφανιστεί
<i>Salmo gairdeneri</i>	πέστροφα (από διασπορά)
<i>Leuciscus cephalus</i>	Κέφαλος
<i>Chrondrostoma nasus</i>	
<i>Gobio Gobio</i>	Περόνι
<i>Rhodeus serviceus amarus</i>	Βαβούκι
<i>Cobitis faenia</i>	Στέρβα
<i>Anguilla Anguilla</i>	Χέλι

#### **5. ΜΑΛΑΚΙΑ**

#### 2.2.2.7 Χρήση της λίμνης Βεγορίτιδας

Η χρήση της λίμνης, έχει καθοριστεί με την Υπ' Αριθμ. 1900/79 Κοινή Απόφαση των Νομαρχών Φλώρινας, Κοζάνης & Πέλλας. Το νερό της θεωρείται ως κατάλληλο για κάθε άλλη χρήση εκτός της ύδρευσης (Παπακωνσταντίνου, 1982).

Γενικά οι χρήσεις που δέχεται η λίμνη είναι:

- Αλιευτική: ασκείται επαγγελματική και ερασιτεχνική αλιεία.
- Γεωργική: το νερό της λίμνης χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών που υπάρχουν στη γύρω περιοχή.
- Αστική: δέχεται τα λύματα της Πτολεμαΐδας, του Αμυνταίου, του Ξινού Νερού, της Βεγόρας, του Αγ. Παντελεήμονος, του Φιλώτα κ.α.
- Βιομηχανική: αποδέκτης των κατεργασμένων αποβλήτων των γύρω βιομηχανιών (ΑΗΣ Καρδιάς, ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, ΑΗΣ Αμυνταίου, Ορυχείων Αμυνταίου κ.α.).

#### 2.2.3 Η χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Η διαδικασία επιλογής χαρτών ξεκίνησε με επιλογή χαρτογραφικού υποβάθρου, τέτοιου ώστε να είναι δυνατή η μελέτη της εξεταζόμενης περιοχής με την απαιτούμενη ακρίβεια. Επιλέχθηκαν έξι φύλλα χάρτη κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) στα οποία περιλαμβάνεται ολόκληρη η περιοχή μελέτης και μέρος των γειτονικών της περιοχής τα οποία είναι :



1. Φύλλο Χάρτη «Κοζάνης», έκδοση 1972
2. Φύλλο Χάρτη «Γρεβενών», έκδοση 1972
3. Φύλλο Χάρτη «Βελβενδού», έκδοση 1972
4. Φύλλο Χάρτη «Πτολεμαΐδας», έκδοση 1972
5. Φύλλο Χάρτη «Φλώρινας», έκδοση 1972
6. Φύλλο Χάρτη «Βέροιας», έκδοση 1972

Στην συνέχεια αυτά τα φύλλα χάρτη ενώθηκαν, αφού προηγήθηκε η διαδικασία της γεωαναφοράς που αναλύεται παρακάτω.

#### *2.2.3.1 Γεωαναφορά*

Γεωαναφορά ονομάζεται η μετατροπή ενός κανάβου (raster dataset) από ένα μη πραγματικό σύστημα συντεταγμένων, σε ένα πραγματικό σύστημα συντεταγμένων. Για πραγματοποίηση της γεωαναφοράς, απαιτείται η γνώση της θέσης αναγνωρισμένων σημείων ελέγχου (control points) και στα δύο συστήματα συντεταγμένων. Τα σημεία ελέγχου χρησιμοποιούνται για την πολυωνυμική μετατροπή, που θα στρεβλώσει την εικόνα από το ένα σύστημα συντεταγμένων στο άλλο.

Αρχικά έγινε η μετατροπή των συντεταγμένων μέσω κατάλληλου προγράμματος (Γεωδαιτικός Ιστός for win 32), από το προβολικό σύστημα HATT, στο οποίο αναφέρονταν οι συντεταγμένες του κανάβου των χαρτών της Γ.Υ.Σ. που χρησιμοποιήθηκαν, στο προβολικό σύστημα της UTM (34<sup>η</sup> και 35<sup>η</sup> ζώνη). Στη συνέχεια, αφού προέκυψαν οι συντεταγμένες από τη παραπάνω μετατροπή, έγινε η γεωαναφορά του κάθε φύλλου χάρτη χωριστά και κατόπιν αυτοί ενώθηκαν, όπως προαναφέρθηκε σε ένα ενιαίο χάρτη σχήμα 2.28.

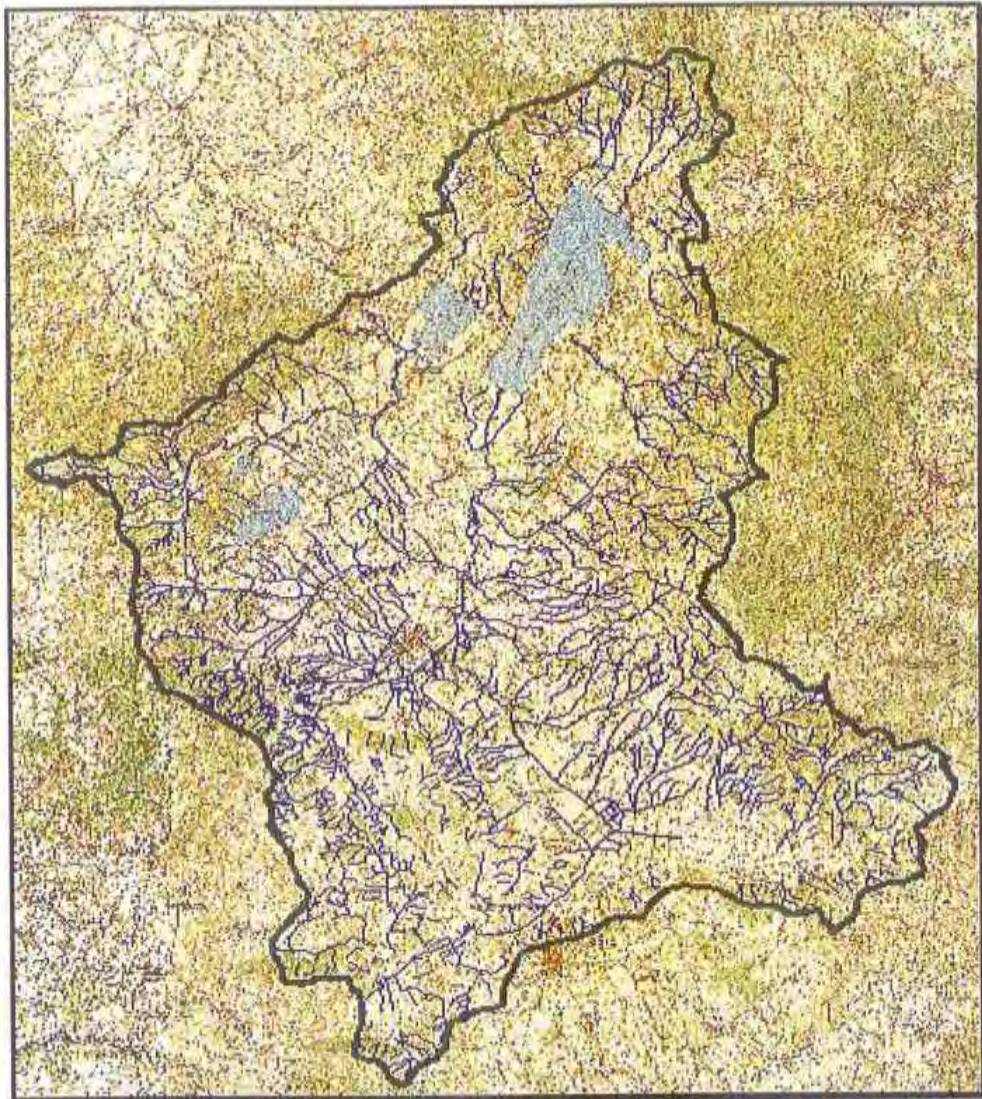


**Σχήμα 2.28 :** Υπόβαθρο που προέκυψε από την ένωση έξι φύλλων χάρτη κλίμακας 1:50.000 της περιοχής της Δυτικής Μακεδονίας.

#### *2.2.3.2 Σχεδιασμός της λεκάνης απορροής*



Σ' αυτό το στάδιο της εργασίας κρίθηκε απαραίτητη η σχεδίαση του υδρογραφικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής, ώστε να ακολουθήσει η χάραξη της υδρολογικής λεκάνης. Εντοπίστηκαν λοιπόν και επανασχεδιάστηκαν τα υδατορέμματα της περιοχής έτσι ώστε να είναι διακριτά και χαράχθηκε και η υδροκριτική γραμμή (σχ. 2.29).



**Σχήμα 2.29 :** Υδρογραφικό δίκτυο και υδροκριτική γραμμή της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας.

Λαμβάνοντας υπόψη τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου και το ανάγλυφο της περιοχής, χαράχθηκε ο υδροκρίτης και κατά συνέπεια οριοθετήθηκε η λεκάνη απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας.

Κάθε υδρολογική λεκάνη ανήκει σε ένα υδατικό διαμέρισμα. Τα υδατικά διαμερίσματα είναι περιοχές που οριοθετούνται μεταξύ τους, είτε από υδροκρίτες είτε από νησιωτικές περιοχές, περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα υδρογραφικά δίκτυα και έχουν συνήθως όμοιες υδρολογικές συνθήκες. Η Ελλάδα είναι μία μικρή σε έκταση χώρα (132.000 km<sup>2</sup>) με έντονο ανάγλυφο, περιορισμένη ενδοχώρα και μεγάλο ανάπτυγμα ακτών. Αποτέλεσμα της ιδιόμορφης αυτής γεωμορφολογικής διάρθρωσης είναι η διάσπαση του ελλαδικού χώρου σε μικρές λεκάνες με διαφορετικά προβλήματα και διαφορετικές απαιτήσεις στην διαχείριση της. Ο ελλαδικός χώρος χωρίζεται σε 14 υδατικά διαμερίσματα όπως φαίνεται στον χάρτη που ακολουθεί (σχ. 2.30).



**Σχήμα 2.30 :** Τα υδατικά διαμερίσματα του ελλαδικού χώρου (χάρτης από το Ι.Γ.Μ.Ε.).

Τα υδατικά αυτά διαμερίσματα, είναι τα παρακάτω:

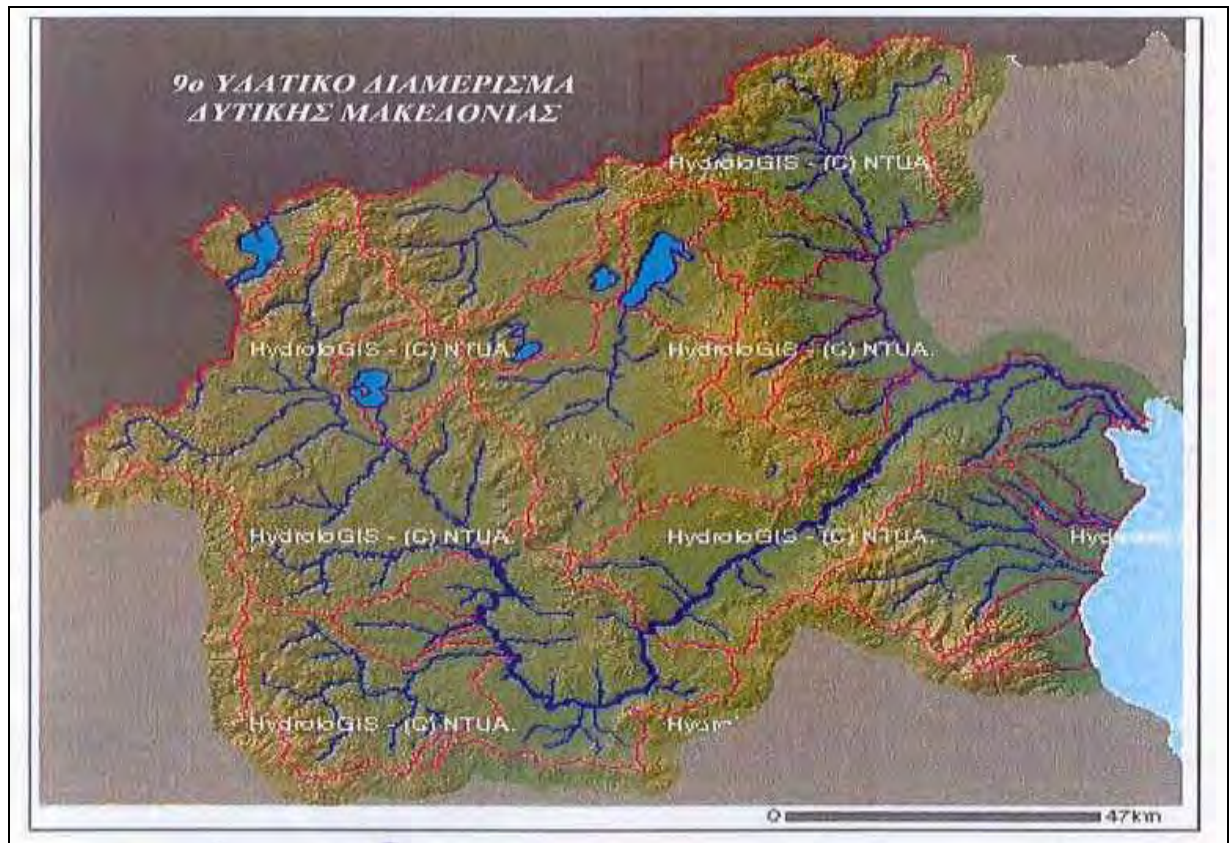
GR01 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου

GR02 Υδατικό διαμέρισμα Βόρειας Πελοποννήσου

- GR03 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Πελοποννήσου
- GR04 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας
- GR05 Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου
- GR06 Υδατικό διαμέρισμα Αττικής
- GR07 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Εύβοιας
- GR08 Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας
- GR09 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας
- GR10 Υδατικό διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας
- GR11 Υδατικό διαμέρισμα Ανατολικής Μακεδονίας
- GR12 Υδατικό διαμέρισμα Θράκης
- GR13 Υδατικό διαμέρισμα Κρήτης
- GR14 Υδατικό διαμέρισμα Νησιών Αιγαίου

Η λεκάνη απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας ανήκει στο 9<sup>ο</sup> υδατικό διαμέρισμα αυτό της Δυτικής Μακεδονίας (σχ. 2.31).





**Σχήμα 2.31 :** Το 9<sup>ο</sup> Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας (χάρτης από το Ι.Γ.Μ.Ε.).

#### 2.2.3.3 Διαίρεση της συνολικής λεκάνης απορροής σε υπολεκάνες

Η συνολική λεκάνη της λίμνης Βεγορίτιδας χωρίστηκε σε έξι επιμέρους λεκάνες, με βάση το υδατικό δυναμικό της περιοχής. Προέκυψαν η υδρολογική λεκάνη της λίμνης Βεγορίτιδας (Α), της λίμνης Πετρών (Β), των λιμνών Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης (Γ), του ρέματος Σουλού (Δ), του ρέματος Παλιόδρομος (Ε) και τέλος του ρέματος Σαριγκιόλ (ΣΤ). Οι παραπάνω λεκάνες, εκτός των Ε και ΣΤ, χωρίστηκαν στη συνέχεια σύμφωνα με τα κύρια υδατορέματα της περιοχής, σε υπολεκάνες ως εξής :

- **Υδρολογική Λεκάνη Βεγορίτιδας (Α)**

1. Υπολεκάνη Α1 (Ρ.Ρέμα)

2. Υπολεκάνη A2 (Ρ. Κουφόρεμα)
3. Υπολεκάνη A3 (Ρ. Χαλινάρι)
4. Υπολεκάνη A4 (Ρ. Γραμματικού)
5. Υπολεκάνη A5.1 (Λ. Βεγορίτιδα)
6. Υπολεκάνη A5.2 (Λ. Βεγορίτιδα περιμετρικά)

- **Υδρολογική Λεκάνη Πετρών (Β)**

1. Υπολεκάνη Β1 (Λ. Πετρών)
2. Υπολεκάνη Β1 (Λ. Πετρών περιμετρικά)

- **Υδρολογική Λεκάνη Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης (Γ)**

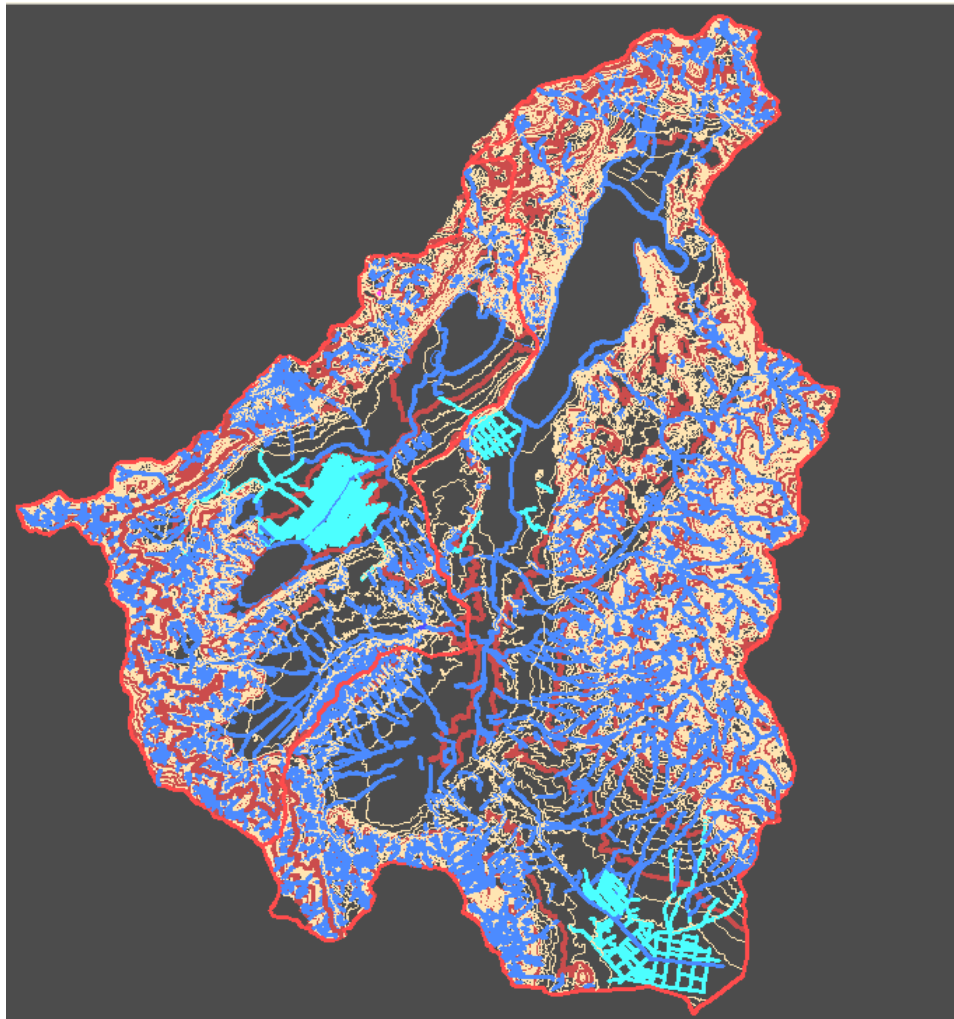
1. Υπολεκάνη Γ1 (Ρ. Περικοπή)
2. Υπολεκάνη Γ2 (Ρ. Παλιόρεμα)
3. Υπολεκάνη Γ3 (Ρ. Βαθεία Χαράδρα)
4. Υπολεκάνη Γ4 (Ρ. Φανόρεμα)
5. Υπολεκάνη Γ5 (Λ. Ζάζαρη)
6. Υπολεκάνη Γ6 (Λ. Ζάζαρη περιμετρικά)
7. Υπολεκάνη Γ7 (Λ. Χειμαδίτιδα)
8. Υπολεκάνη Γ8 (Λ. Χειμαδίτιδα περιμετρικά)
9. Υπολεκάνη Γ9 (Ρ. Αμώντας)

- **Υδρολογική Λεκάνη Σουλού (Δ)**

1. Υπολεκάνη Δ1 (Δυτική Εορδαία)
2. Υπολεκάνη Δ2 (Πτολεμαίδα)
3. Υπολεκάνη Δ3 (Ρ. Σουλού)

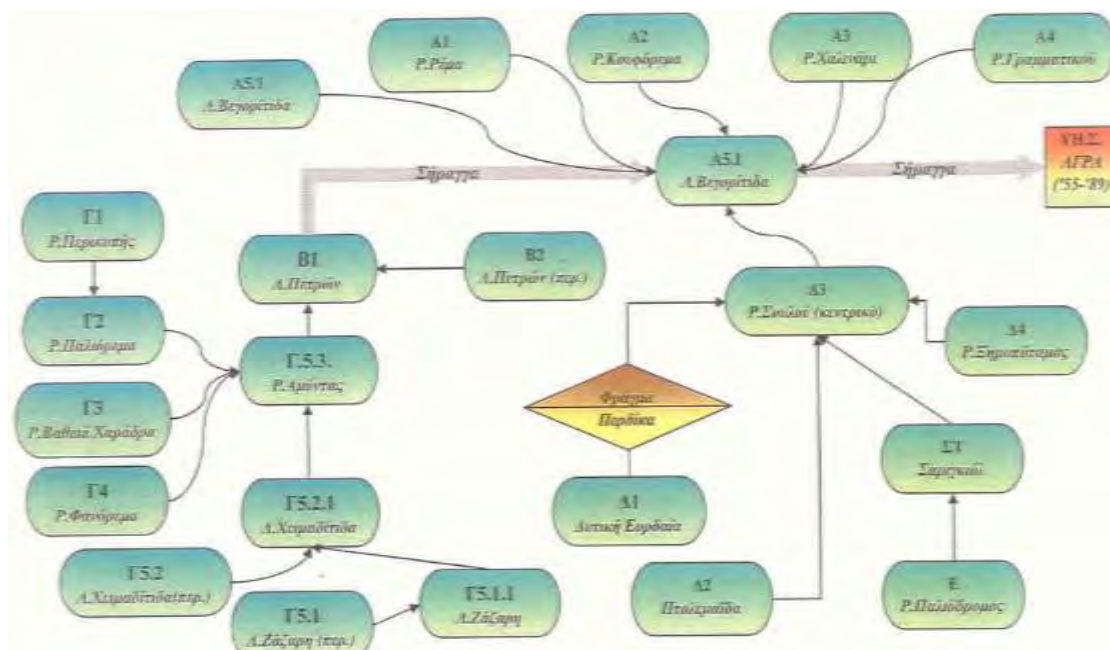
#### 4. Υπολεκάνη Δ4 (Ρ. Ξηροπόταμος)

Συνολικά, η αρχική λεκάνη απορροής χωρίστηκε σε έξι (6) λεκάνες κι αυτές με την σειρά τους σε είκοσι μία υπολεκάνες, διαίρεση η οποία φαίνεται στο επόμενο σχήμα 2.32. Ακολουθεί επίσης μια σχηματική απεικόνιση της θέσης των υπολεκανών και του πως συνδέονται αυτές μεταξύ τους σχήμα 2.33.



**Σχήμα 2.32 :** Λεκάνη απορροής και υποδιαίρεση της σε υπολεκάνες (Σχεδίαση της λεκάνης απορροής και των ρεμάτων, με τη χρήση του προγράμματος AutoCAD).





Σχήμα 2.33 : Σχηματική αναπαράσταση των υπολεκανών απορροής.

#### 2.2.3.4 Προσδιορισμός της έκτασης της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας και των επιμέρους λεκανών και υπολεκανών.

Σε αυτό το στάδιο, υπολογίστηκε το εμβαδό των επιμέρους λεκανών και υπολεκανών κι έτσι προέκυψε το εμβαδό της συνολικής λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας, ως άθροισμα των παραπάνω. Τα αποτελέσματα της εμβαδομέτρησης, εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 2.5

Πίνακας 2.5 : Οι εκτάσεις των επιμέρους υπολεκανών απορροών.

α/α	Ονομασία υδρολογικής Λεκάνης – υπολεκάνης	Εμβαδό υδρολογικής λεκάνης / υπολεκάνης (στρέματα)
A	Λ. Βεγορίτιδα	383.496
A1	P. Ρέμα	22.732
A2	P. Κουφόρεμα	46.016

<b>α/α</b>	<b>Ονομασία υδρολογικής Λεκάνης – υπολεκάνης</b>	<b>Εμβαδό υδρολογικής λεκάνης / υπολεκάνης (στρέματα)</b>
A3	P. Χαλινάρι	50.955
A4	P. Γραμματικού	104.116
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα	45.720
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (περιμετρικά)	113.956
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>	<b>122.575</b>
B.1	Λ. Πετρών	12.246
B.2	Λ. Πετρών (περιμετρικά)	<b>110.329</b>
<b>Γ</b>	<b>Λ. Χειμαδίτιδα / Λ. Ζάζαρη</b>	236.467
Γ1	P. Περικοπή	10.267
Γ2	P. Παλιόρεμα	50.008
Γ3	P. Βαθεία Χαράδρα	13.049
Γ4	P. Φανόρεμα	14.850
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη	1.815
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (περιμετρικά)	5.632
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα	9.532
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (περιμετρικά)	20.357
Γ5.3	P. Αμύντας	110.957
<b>Δ</b>	<b>P.Σουλού</b>	<b>795.132</b>
Δ1	Δυτική Εορδαία	151.646
Δ2	Πτολεμαΐδα	191.337
Δ3	P. Σουλού( κεντρικό)	353.935
Δ4	P. Ξηροπόταμος	98.215

<b>α/α</b>	<b>Ονομασία υδρολογικής Λεκάνης – υπολεκάνης</b>	<b>Εμβαδό υδρολογικής λεκάνης / υπολεκάνης (στρέματα)</b>
<b>Ε</b>	<b>Ρ.Παλιόδρομος</b>	<b>196.724</b>
<b>Στ</b>	<b>Σαριγκιόλ</b>	<b>379.930</b>
<b>Συνολικό εμβαδό (στρέματα)</b>		<b>2.114.323</b>

### 3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αποτελέσματα που ακολουθούν, αφορούν στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας, καθώς επίσης και στην αποτίμηση της ποιότητας τόσο της ίδιας της λίμνης Βεγορίτιδας όσο και των διπλανών υδάτινων σωμάτων τα οποία την επηρεάζουν, λόγω επικοινωνίας μαζί της.

Το υδατικό ισοζύγιο της ευρύτερης περιοχής της λίμνης Βεγορίτιδας, είναι η διαφορά των εισροών και εκροών νερού, που μπορεί να περιγράψει από τη σχέση :

$$DV = Q - I$$

όπου

DV το υδατικό ισοζύγιο,

Q το σύνολο των εισροών και

I το σύνολο των εκροών.

Στηρίζεται στην αρχή διατήρησης της μάζας σε ένα σύστημα για δεδομένο χρόνο.

Οι εισροές νερού στο σύστημα που ορίσαμε προέρχονται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τις παροχές των ποταμών, την επιφανειακή απορροή και πιθανώς τις εισροές του υπογείου νερού (Κυριοπούλου & Κρόκου, 1993).

Οι εκροές νερού από την περιοχή μελέτης οφείλονται κυρίως στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που αναπτύσσονται στην περιοχή (λειτουργία των σταθμών της Δ.Ε.Η., άρδευση των καλλιεργειών, ύδρευση) και στις απώλειες από την εξάτμιση των λιμνών (Antonopoulos & Gianniou, 2003).

Η καταγραφή των υδρολογικών συνθηκών, ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου και οι εκτιμήσεις για την πορεία της λίμνης, αποτέλεσαν θέματα για τα

οποία ασχολήθηκαν διάφοροι ερευνητές και κύριος μετά την εμφάνιση του φαινομένου της πτώσης της στάθμης.

Ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης Βεγορίτιδας, αναφέρεται στην περίοδο 1992 – 2002. Η περίοδος αυτή επιλέχθηκε λόγω επάρκειας δεδομένων υπαίθρου, ώστε τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να δίνουν μια ικανοποιητική εικόνα για την υδρολογική συμπεριφορά της λίμνης. Τη χρονική αυτή περίοδο, παρουσιάζονται σημαντικές αλλαγές στις χρήσεις του νερού στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης. Στο διάστημα αυτό πραγματοποιείται η διακοπή της λειτουργίας της σήραγγας της Άρνισσας, ραγδαία αύξηση των αρδευόμενων καλλιεργειών και σημαντικές μεταβολές των κλιματικών δεδομένων (Σπυρίδης & Κουτάλου, 2000).

Όταν επιτευχθεί ο υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου, τότε οι συνιστώσες του αποτελούν βασικό εργαλείο για την παροχή πληροφοριών και για την εκτίμηση και τη λύση διαφόρων προβλημάτων, τα οποία σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους και τη διαχείριση αυτών σε διάφορα ερευνητικά και εφαρμοσμένα πεδία. Έτσι για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας, είναι ουσιαστική η γνώση του ελλείμματος του ύδατος, για να καθοριστεί η ποσότητα νερού που απαιτείται για την άρδευση των καλλιεργειών ούτως ώστε, αφενός μεν να αποτραπεί ο περιορισμός της παραγωγής, αφετέρου δε να αποφευχθεί η σπατάλη νερού η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μοιραία αποτελέσματα από την υπεράντληση.

Η άμεση εκτίμηση του νερού, το οποίο είναι διαθέσιμο για την ύπαρξη επιφανειακής (ποταμοί) ή υπόγειας (υδροφόροι ορίζοντες) ροής, είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί γιατί απαιτείται ένα πολύπλοκο δίκτυο οργάνων που να εξασφαλίζει τις χρονοσειρές των δεδομένων πεδίου και ένα ευέλικτο λογισμικό πακέτο για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου.

### 3.2 ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Ο όγκος των κατακρημνισμάτων, υπολογίστηκε με βάση τις παρατηρήσεις πέντε (5) υδρομετεωρολογικών σταθμών και δύο (2) σταθμών μέτρησης της στάθμης της λίμνης όπως περιγράφηκαν στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, οι οποίοι αναφέρονται στα υδρολογικά έτη 1992 – 02.

Από τις αναγνώσεις των βροχομετρικών οργάνων προσδιορίζεται αρχικά το ημερήσιο ύψος βροχής για κάθε βροχομετρικό σταθμό. Στην συνέχεια, από τα δεδομένα πλέον ημερήσια ύψη βροχής, προσδιορίζονται ως άθροισμα των σχετικών ημερησίων υψών τα μηνιαία ύψη βροχής ή τα ύψη αυτής κατά την διάρκεια οποιασδήποτε χρονικής περιόδου μικρότερης του έτους (π.χ. εβδομάδας, εποχής κλπ). Τέλος, προσδιορίζεται το ετήσιο ύψος βροχής το οποίο αναφέρεται στην διάρκεια του ονομαζόμενου υδρολογικού έτους.

Η περιοχή της λίμνης Βεγορίτιδας παρουσιάζει σχετικά χαμηλό ύψος βροχής, το οποίο γίνεται αμέσως φανερό, αν συγκρίνουμε τις μετρήσεις των βροχομετρικών σταθμών εντός και εκτός της κλειστής λεκάνης. Έτσι ενώ η Έδεσσα βρισκόμενη σε απόλυτο υψόμετρο +315 m, έχει μέσο ετήσιο ύψος βροχής 726 mm, το Αμύνταιο με απόλυτο υψόμετρο +579,5 m έχει μέσο ετήσιο ύψος βροχής μόλις 416 mm.

Οι πλέον βροχεροί μήνες του έτους είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος, ενώ ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, εμφανίζουν μικρότερες βροχοπτώσεις σε σχέση με τους μήνες της άνοιξης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά τους μήνες αυτούς έχουμε τις μεγαλύτερες χιονοπτώσεις, οι οποίες ως γνωστό δεν είναι δυνατό να μετρηθούν με τα γνωστά βροχόμετρα. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1 οι ετήσιοι όγκοι βροχόπτωσης, όπως προέκυψαν με βάση τα βροχομετρικά δεδομένα σε κάθε μια από τις υπολεκάνες της συνολικής λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας.

**Πίνακας 3.1 : Ετήσιοι όγκοι βροχοπτώσης για την δεκαετία 1992-2002.**

α/α	Υδρολογική Λεκάνη	ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ (m³)									
		ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ									
		1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>	<b>239.257.016</b>	<b>193.422.257</b>	<b>176.529.301</b>	<b>207.113.692</b>	<b>238.544.448</b>	<b>150.312.471</b>	<b>195.114.853</b>	<b>163.915.684</b>	<b>250.764.325</b>	<b>196.958.277</b>
A1	Ρ. Ρέμα	13.666.047	10.554.795	9.754.828	11.914.255	12.861.415	8.112.725	9.163.341	8.319.785	14.605.814	10.889.219
A2	Ρ. Κουφόρεμα	29.136.047	22.897.515	21.843.711	26.450.382	29.989.122	18.010.017	19.589.804	18.198.753	29.584.718	23.438.782
A3	Ρ. Χαλινάρι	35.510.125	28.460.451	28.110.215	33.164.809	39.372.638	22.696.419	24.555.485	23.299.312	34.629.631	29.389.650
A4	Ρ. Γραμματικού	65.656.820	54.615.728	45.765.995	55.562.701	63.133.957	43.842.553	63.307.633	46.950.719	68.287.120	51.833.752
A5.1	Ρ. Βεγορίτιδα	24.370.622	19.340.408	18.013.941	20.260.393	23.296.586	14.324.542	19.167.309	16.827.567	26.960.493	20.872.931
A5.2	Ρ. Βεγορίτιδα (Περιμετρικά)	70.917.355	57.553.360	53.040.611	59.761.152	69.890.730	43.326.215	59.331.281	50.319.548	76.696.549	60.533.943
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>	<b>60.623.741</b>	<b>49.685.715</b>	<b>47.835.494</b>	<b>49.701.173</b>	<b>52.983.847</b>	<b>32.750.961</b>	<b>45.169.883</b>	<b>41.451.418</b>	<b>74.058.177</b>	<b>55.404.906</b>
B.1	Λ. Πετρών	5.989.938	4.865.488	4.876.671	4.568.386	5.062.240	2.943.595	4.640.817	4.448.549	7.867.365	5.937.823
B.2	Λ. Πετρών (περιμετρικά)	54.633.803	44.820.227	42.958.823	45.132.787	47.921.607	29.807.366	40.529.066	37.002.869	66.190.812	49.467.083
<b>Γ</b>	<b>Λ. Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>	<b>146.288.763</b>	<b>161.704.059</b>	<b>157.198.285</b>	<b>161.382.832</b>	<b>165.610.763</b>	<b>102.728.467</b>	<b>136.518.120</b>	<b>104.902.185</b>	<b>160.057.812</b>	<b>132.300.914</b>
Γ1	Ρ. Περικοπή	8.203.566	8.732.763	7.890.312	9.317.545	8.896.156	5.883.790	7.542.735	5.214.681	8.741.850	5.982.333
Γ2	Ρ. Παλόρεμα	38.238.634	42.275.111	39.687.530	44.510.205	43.264.946	27.767.247	36.031.685	25.199.145	40.677.607	29.510.062
Γ3	Ρ. Παλία χαράδρα	9.489.771	10.406.139	9.976.857	10.549.398	10.681.537	6.777.508	8.343.299	6.453.142	10.040.417	8.432.649
Γ4	Ρ. Φανόρεμα	10.804.190	10.803.769	10.364.027	11.028.455	10.900.557	7.084.212	8.684.147	7.043.341	12.116.343	9.555.363
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη	1.198.157	1.454.745	1.443.560	1.434.303	1.513.897	913.480	1.162.639	896.010	1.228.650	1.154.645
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη (περιμετρικά)	4.077.791	4.859.028	4.774.704	4.858.966	5.034.565	3.074.571	3.947.379	2.973.457	4.224.452	3.750.445
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα	5.831.112	6.870.710	6.813.247	6.878.354	7.015.866	4.318.315	5.737.364	4.300.044	6.236.091	5.343.038
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα (περιμετρικά)	11.781.279	13.522.710	13.198.930	13.910.688	13.745.190	8.653.845	11.450.320	8.267.252	12.680.266	9.978.901
Γ5.3	Ρ. Αμύντα	56.664.263	62.779.084	63.049.118	58.894.918	64.558.049	38.255.499	53.618.552	44.555.113	64.112.136	58.593.478
<b>Δ</b>	<b>Ρ. Σούλου</b>	<b>218.250.949</b>	<b>222.843.022</b>	<b>200.822.972</b>	<b>211.806.112</b>	<b>209.149.502</b>	<b>159.507.075</b>	<b>201.144.538</b>	<b>145.862.411</b>	<b>245.383.003</b>	<b>169.535.339</b>
Δ1	Δυτική Εορδαία	105.131.926	111.310.625	103.814.102	119.828.534	107.573.627	76.094.490	98.333.589	69.497.451	118.168.460	80.593.701
Δ2	Πτολεμαΐδα	113.119.023	111.532.397	97.008.870	91.977.578	101.575.875	83.412.585	102.810.949	76.364.960	127.214.543	88.941.638
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>664.420.469</b>	<b>627.655.053</b>	<b>582.386.052</b>	<b>630.003.809</b>	<b>666.288.560</b>	<b>445.298.974</b>	<b>577.947.394</b>	<b>456.131.698</b>	<b>730.263.317</b>	<b>554.199.436</b>

### 3.3 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία σαν μέγεθος δεν παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση και συγκεκριμένα για τη δεκαετία μελέτης 1992 – 2002, ο μέσος όρος μπορεί να αρκετά αντιπροσωπευτικός για κάθε υδρολογικό έτος. Η θερμοκρασία για κάθε επιμέρους λεκάνη λήφθηκε από τον πλησιέστερο σ' αυτήν σταθμό, δηλαδή για την λεκάνη της λίμνης Βεγορίτιδας και της λίμνης Πετρών τα δεδομένα του σταθμού Αμυνταίου, για τη λεκάνη των λιμνών Ζάζαρης – Χειμαδίτιδας του σταθμού Λιμνοχωρίου, για την λεκάνη του ποταμού Σουλού του σταθμού Πτολεμαΐδας και για της λεκάνες Σαριγκιόλ και ρέματος Παλιοδρόμου του σταθμού Κοζάνης.

### 3.4 ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Εξατμισοδιαπνοή, ονομάζεται το σύνολο των διαδικασιών με τις οποίες γίνεται μετατροπή της υγρής ή στερεάς φάσεως του νερού σε υδρατμούς και οι οποίες λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της γης ή σε μία σχετικώς στενή ζώνη υπεράνω ή κάτωθι αυτής. Ο συλλεκτικός αυτός όρος περιλαμβάνει ειδικότερα

- Την εξάτμιση, δηλαδή την μετατροπή σε υδρατμούς της υγρής φάσης του νερού από την επιφάνεια ποταμών, λιμνών ή άλλων στάσιμων ή ρεόντων υδάτων, την επιφάνεια ή το εσωτερικό γυμνού ή καλυμμένου με βλάστηση εδάφους και την επιφάνεια της βλάστησης (Τσακίρης, 1995).
- Την διαπνοή των φυτών, η οποία συνιστάται στη μετατροπή σε υδρατμούς της υγρής φάσης του νερού μέσω του φυλλώματος της βλάστησης και
- Την εξάχνωση, δηλαδή τη μετατροπή της στερεάς φάσης του νερού κατ' ευθείαν σε υδρατμούς (από τη επιφάνεια πάγου ή χιονιού).



Δεδομένου ότι η εξατμισοδιαπνοή (ΕΤ) αποτελεί μια συνεχή αέναη διαδικασία, το μέτρο της δύναται να εκφρασθεί με το πάχος ή το ύψος του ισοδύναμου υδάτινου στρώματος το οποίο μετατρέπεται σε υδρατμούς σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (συνήθως τη μέρα, τον μήνα ή το έτος). Η ΕΤ εξαρτάται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων κυριότερη είναι :

- α) Η διαθέσιμη προς εξάτμιση ποσότητα νερού.
- β) Η διαθέσιμη για την εξάτμιση ποσότητα ενέργειας υπό μορφή ακτινοβολίας ή θερμότητας.
- γ) Το είδος της εξατμίζουσας επιφάνειας (ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια, επιφάνεια βλάστησης και χαρακτηριστικά αυτής, π.χ. γυμνό έδαφος)
- δ) Η κατανομή της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος στην ατμοσφαιρική ζώνη πλησίον του εδάφους (Κυριοπούλου, 1993).

Καθένας από τους παράγοντες αυτούς ασκεί τον περιοριστικό του ρόλο κατά τρόπο ώστε ο πραγματοποιούμενος ρυθμός της ΕΤ να καθορίζεται από το παράγοντα εκείνον ο οποίος εμφανίζεται με την αναλογικά μικρότερη τιμή συμμετοχής του φαινομένου της ΕΤ.

Οι μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, χωρίζονται σε αναλυτικές, εμπειρικές και πειραματικές. Στις **αναλυτικές** ανήκει η μέθοδος ισοζυγίου νερού σε λεκάνη απορροής και η μέθοδο με λυσίμετρο. Στις **εμπειρικές** που αφορούν τον υπολογισμό της **δυναμικής εξατμισοδιαπνοής** ανήκει η μέθοδος Thornthwaite και η μέθοδος Blaney – Criddle ενώ σε αυτές που αφορούν τον υπολογισμό της **πραγματικής εξατμισοδιαπνοής** ανήκει η μέθοδος Coutagne και η μέθοδος Turk.

Ο τύπος του Turk, που εφαρμόζεται σε ετήσια βάση, χρησιμοποιείται αρκετά συχνά, όπου η έλλειψη πληρέστερων κλιματολογικών δεδομένων δεν επιτρέπει τη χρησιμοποίηση άλλων ακριβέστερων μεθόδων υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.

Συμφωνα με τη μέθοδο του Turk η ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή δίδεται από την εξίσωση :

$$ET = P / \sqrt{0,90 + (P/L)^2}$$

όπου

P = μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)

$$L = 300 = 25 T + 0,05 T^3$$

T = μέση ετήσια θερμοκρασία (C<sup>0</sup>)

Η ET εκφράζει την ετήσια εξατμισοδιαπνοή σε mm και ταυτόχρονα εκφράζει το ετήσιο έλλειμμα ροής, δηλαδή τη διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης – επιφανειακής απορροής ως εξής:

$$ET = \sum P - \sum R$$

Σε ορισμένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένου και του ελλαδικού χώρου, η βροχόπτωση παρουσιάζεται αυξημένη κατά τη διάρκεια ορισμένων μηνών του έτους και πολύ περιορισμένη κατά τους υπόλοιπους μήνες. Εμφανίζονται περίοδοι με έλλειμμα υγρασίας των οποίων η διάρκεια καθορίζεται από την υπεροχή της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής, σε σύγκριση με τους ρυθμούς της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής. Οι περίοδοι αυτές, που χαρακτηρίζονται από μειωμένη βροχόπτωση, αντιπροσωπεύουν της ξηρές περιόδους. Τους λοιπούς μήνες, ο ρυθμός της βροχόπτωσης υπερέχει του ρυθμού της εξατμισοδιαπνοής, με αποτέλεσμα να

δημιουργείται ένα πλεόνασμα ύδατος το οποίο αναπληρώνει τις εδαφικές απώλειες σε νερό της ξηρής περιόδου (Αντωνόπουλος & Παπαμιχαήλ, 1997).

Η ET υπολογίστηκε με τη μέθοδο Turc για όλες τις λεκάνες με ειδική περίπτωση τις επιφάνειες των λιμνών, για τις οποίες η ET λήφθηκε ίση με 1000 mm/έτος, καθώς η εξατμίζουσα επιφάνεια είναι ελεύθερη επιφάνεια μάζας νερού, δηλαδή η ET θα είναι μεγαλύτερη. Στις επιμέρους λεκάνες, για την εφαρμογή του τύπου του Turc υπολογίστηκε η μέση βροχόπτωση της κάθε λεκάνης με δεδομένο το μέσο ύψος βροχόπτωσης και την επιφάνεια κάθε λεκάνης.

Στη συνέχεια, παρατίθενται στον πίνακα 3.2, οι ετήσιοι όγκοι εξατμισοδιαπνοής, όπως προέκυψαν με βάση τα δεδομένα της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας και με την εφαρμογή του τύπου του Turk, σε κάθε μια από τις υπολεκάνες της συνολικής λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας.

**Πίνακας 3.2 : Ετήσιος όγκος εξάτμισης για την δεκαετία 1992-2002.**

α/α	Υδρολογική Λεκάνη	ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ (m³)									
		ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ									
		1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>	<b>207.100.073</b>	<b>189.120.789</b>	<b>180.673.530</b>	<b>195.064.642</b>	<b>206.802.983</b>	<b>167.252.829</b>	<b>189.258.122</b>	<b>174.175.162</b>	<b>210.482.739</b>	<b>364.770.145</b>
A1	Ρ. Ρέμα	10.551.264	9.037.993	8.568.172	9.757.301	10.203.947	7.487.371	8.197.301	7.632.561	10.922.477	9.223.938
A2	Ρ. Κουφόρεμα	21.946.201	19.129.622	18.562.202	20.840.160	22.233.701	16.241.875	17.248.312	16.365.935	22.116.781	194.099.622
A3	Ρ. Χαλινάρι	25.462.790	22.705.316	22.543.997	24.641.576	26.638.742	19.703.633	20.755.832	20.054.125	25.164.703	23.121.171
A4	Ρ. Γραμματικού	49.552.918	44.712.624	39.899.111	45.175.472	48.548.869	38.729.031	48.619.809	40.597.000	50.541.373	43.296.452
A5.1	Ρ. Βεγορίτιδα	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749	45.719.749
A5.2	Ρ. Βεγορίτιδα (Περ/ρικά)	53.867.151	47.815.485	45.380.299	48.930.384	53.457.975	39.371.170	48.717.119	43.805.792	56.017.656	49.309.213
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>	<b>57.971.733</b>	<b>52.274.404</b>	<b>52.696.620</b>	<b>51.640.410</b>	<b>54.818.226</b>	<b>40.437.609</b>	<b>48.293.415</b>	<b>46.960.420</b>	<b>64.951.537</b>	<b>49.531.176</b>
B.1	Λ. Πετρών	12.245.876	12.266.976	13.901.776	11.433.506	12.883.334	11.445.623	11.145.665	12.334.565	13.798.675	11.654.343
B.2	Λ. Πετρών (περιμετρικά)	45.725.857	40.007.428	38.794.844	40.206.904	41.934.892	28.991.986	37.147.750	34.625.855	51.152.862	37.876.833
<b>Γ</b>	<b>Λ. Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>	<b>116.706.528</b>	<b>122.509.701</b>	<b>120.907.547</b>	<b>121.122.521</b>	<b>123.371.505</b>	<b>95.785.102</b>	<b>112.828.668</b>	<b>98.104.336</b>	<b>122.061.114</b>	<b>108.568.411</b>
Γ1	Ρ. Περικοπή	5.485.016	5.619.484	5.397.788	5.751.294	5.657.987	4.669.495	5.293.698	4.345.267	5.621.661	4.713.364
Γ2	Ρ. Παλόρεμα	26.236.012	27.309.090	26.643.717	27.825.472	27.544.054	22.335.198	25.561.282	21.060.282	26.907.426	23.120.156
Γ3	Ρ. Παλία χαράδρα	6.698.048	6.966.139	6.845.838	7.004.345	7.038.763	5.559.898	6.296.296	5.430.605	6.864.218	6.330.588
Γ4	Ρ. Φανόρεμα	7.623.790	7.623.657	7.479.797	7.693.502	7.654.039	6.038.099	6.831.211	6.015.254	7.999.841	7.188.453
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211	1.815.211
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη (περιμετρικά)	2.885.032	3.532.412	3.078.800	3.098.800	3.138.420	2.490.471	2.842.350	2.441.116	2.930.420	2.773.463
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412	9.532.412
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα (περ/ρικά)	9.310.211	10.012.943	9.892.464	10.151.654	10.093.224	7.653.835	9.160.468	7.414.153	9.690.096	8.424.339
Γ5.3	Ρ. Αμύντα	47.120.796	50.098.353	50.221.520	48.249.831	50.897.395	35.690.483	45.495.740	40.050.036	50.699.829	44.670.425
<b>Δ</b>	<b>Ρ. Σούλου</b>	<b>164.151.137</b>	<b>165.461.123</b>	<b>156.103.775</b>	<b>152.656.743</b>	<b>159.667.608</b>	<b>136.597.911</b>	<b>157.036.135</b>	<b>128.538.102</b>	<b>173.700.888</b>	<b>142.120.921</b>
Δ1	Δυτική Εορδαία	75.869.990	77.865.223	75.419.742	80.328.376	76.680.825	63.535.096	73.447.583	59.907.572	79.872.668	65.815.556
Δ2	Πτολεμαίδα	88.281.147	87.595.900	80.684.033	72.328.367	82.986.783	73.062.815	83.588.552	68.630.530	93.828.220	76.305.365
<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>		<b>545.929.471</b>	<b>529.366.017</b>	<b>510.381.472</b>	<b>520.484.316</b>	<b>544.660.322</b>	<b>440.073.451</b>	<b>507.416.340</b>	<b>447.778.020</b>	<b>571.196.278</b>	<b>664.990.653</b>

### 3.5 ΑΠΟΡΡΟΗ

Απορροή χαρακτηρίζεται το τμήμα εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, το οποίο εμφανίζεται εντός των επιφανειακών ρευμάτων, παροδικού ή μόνιμου χαρακτήρα. Αναλόγως της ειδικότερης προέλευσης των υδάτων της απορροής, συντίθεται και αποτελείται από την επιφανειακή και την υπόγεια απορροή.

Ως **επιφανειακή απορροή** χαρακτηρίζεται εκείνο το μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων το οποίο ρέει αρχικώς στην επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια διέρχεται δια μέσου του συστήματος των υδατορρευμάτων μέχρις ότου καταλήξει στην έξοδο της λεκάνης απορροής. Η διαδρομή αυτή, συνεπώς δε και η επιφανειακή απορροή, συμπληρώνεται συνήθως σε ένα σχετικώς βραχύ χρονικό διάστημα.

Η **υπόγεια απορροή** προέρχεται από το τμήμα εκείνο των κατακρημνίσεων το οποίο αρχικώς διηθήθηκε εντός του εδάφους και στη συνέχεια, δια πλευρικής κινήσεως, βρήκε διέξοδο προς ένα επιφανειακό ρέμα.

Η **απορροή** αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών και ποικίλων παραγόντων, οι οποίοι βασικά δύναται να καταταγούν σε δύο κατηγορίες :

- Τους **κλιματικούς**, στους οποίους περιλαμβάνονται η βροχόπτωση, η υδατοσυγκράτηση και η εξατμισοδιαπνοή και
- Τους **φυσιογραφικούς** παράγοντες στους οποίους περιλαμβάνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υδατορρευμάτων.
  - Ως συνέπεια της αλληλεπιδράσεως των ανωτέρω ποικίλων παραγόντων, η συμπεριφορά κάθε λεκάνης απορροής είναι διαφορετική.

### 3.5.1 Υπολογισμός απορροής

Ο υπολογισμός της απορροής, βασίζεται στη θεμελιώδη σχέση που εκφράζει το υδατικό ισοζύγιο,

$$R = P - ET - I$$

και προϋποθέτει τη γνώση της μέσης βροχόπτωσης, της εξατμισοδιαπνοής και της κατείσδυσης, που για την περίπτωση μας λήφθηκε υπόψη ίση με το 6% της βροχόπτωσης. Με περίοδο αναφοράς το υδρολογικό έτος και λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των διαδικασιών των προηγούμενων παραγράφων καταλήγουμε στους συγκεντρωτικούς (πίν. 3.3 έως 3.13) υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, της κατείσδυσης και της απορροής για τα έτη 1992-2002.

**Πίνακας 3.3 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1992.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	601	682	464	36	101
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	633	682	477	38	118
A3	P. Χαλινάρι	11,9	697	682	500	42	155
A4	P. Γραμματικού	11,9	631	682	476	38	117
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		533		1000		-467
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	622	682	473	37	112
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		489		1000		-511
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	495	682	414	30	51
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	799	691	534	48	217
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	765	691	525	46	194
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	727	691	513	44	170
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	728	691	513	44	171
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		660		1000		-340
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	724	691	512	43	168
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		612		1000		-388
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	579	691	457	35	87
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	511	691	425	31	55
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	693	686	500	42	151
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	591	686	461	35	94
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	583	686	458	35	90
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	826	686	539	50	237
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	744	720	530	45	169
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	653	720	497	39	166

**Πίνακας 3.4 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1993.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	464	682	398	28	39
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	498	682	416	30	52
A3	P. Χαλινάρι	11,9	559	682	446	34	79
A4	P. Γραμματικού	11,9	525	682	429	31	64
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		423		1000		-577
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	505	682	420	30	55
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		397		1000		-603
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	406	682	363	24	19
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	851	691	547	51	252
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	845	691	546	51	249
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	797	691	534	48	216
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	728	691	513	44	170
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		801		1000		-199
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	863	691	550	52	261
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		721		1000		-279
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	664	691	492	40	133
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	566	691	452	34	80
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	734	686	513	44	177
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	583	686	458	35	90
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	543	686	440	33	71
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	728	686	511	44	172
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	640	720	492	38	109
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιολ</b>	12,7	558	720	455	33	69



**Πίνακας 3.5 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1994.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	429	682	377	26	26
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	475	682	403	28	43
A3	P. Χαλινάρι	11,9	552	682	442	33	76
A4	P. Γραμματικού	11,9	440	682	383	26	30
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		494		1000		-606
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	465	682	398	28	39
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		398		1000	1000	-602
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	389	682	352	352	14
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	769	691	526	526	197
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	794	691	533	533	213
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	765	691	525	525	194
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	698	691	504	504	152
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		795		1000	1000	-205
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	848	691	547	547	250
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		715		1000	1000	-285
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	648	691	486	486	124
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	568	691	453	453	82
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	685	686	497	41	146
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	507	686	422	30	55
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	478	686	406	29	43
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	594	686	463	36	96
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	459	720	401	28	30
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	493	720	421	30	42

**Πίνακας 3.6 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1995.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	524	682	429	31	63
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	575	682	453	34	87
A3	P. Χαλινάρι	11,9	651	682	484	39	128
A4	P. Γραμματικού	11,9	534	682	434	32	68
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		443		1000		-557
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	524	682	429	31	64
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		373		1000		-627
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	409	682	364	25	20
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	908	691	560	54	293
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	890	691	556	53	280
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	808	691	537	49	223
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	743	691	518	45	180
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		790		1000		-210
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	863	691	550	52	261
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		722		1000		-278
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	683	691	499	41	144
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	531	691	435	32	64
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	790	686	530	47	213
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	63	686	66	4	-7
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	539	686	438	32	69
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	721	686	509	43	168
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	713	720	520	43	150
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	631	720	488	38	104

**Πίνακας 3.7 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1996.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	566	682	489	34	83
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	650	682	483	39	128
A3	P. Χαλινάρι	11,9	773	682	523	46	204
A4	P. Γραμματικού	11,9	606	682	466	36	104
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		510		1000		-490
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	613	682	469	37	107
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		413		1000		-587
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	434	682	380	26	28
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	867	691	551	52	263
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	865	691	551	52	262
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	819	691	539	49	230
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	734	691	515	44	175
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		834		1000		-166
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	894	691	557	54	283
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		736		1000		-264
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	675	691	496	41	139
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	582	691	459	35	88
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	709	686	506	43	161
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	531	686	434	32	65
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	536	686	436	32	68
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	740	686	515	44	180
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	615	720	482	37	97
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	594	720	473	36	86

**Πίνακας 3.8 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1997.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	357	682	329	21	6
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	391	682	353	23	15
A3	P. Χαλινάρι	11,9	445	682	387	27	32
A4	P. Γραμματικού	11,9	421	682	372	25	24
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		313		1000		-687
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	380	682	345	23	12
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		240		1000		-760
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	270	682	263	16	-9
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	573	691	455	34	84
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	555	691	447	33	75
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	519	691	429	31	59
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	477	691	407	29	42
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		503		1000		-497
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	546	691	442	33	71
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		453		1000		-547
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	425	691	376	26	24
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	345	691	322	21	2
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	502	686	419	30	53
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	436	686	382	26	28
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	403	686	361	24	18
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	573	686	453	34	85
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	550	720	451	33	65
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	515	720	433	31	50

**Πίνακας 3.9 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1998.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	403	682	361	24	18
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	426	682	375	26	25
A3	P. Χαλινάρι	11,9	482	682	407	29	46
A4	P. Γραμματικού	11,9	608	682	467	36	105
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		419		1000		-581
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	521	682	428	31	62
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		379		1000		-621
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	367	682	337	22	9
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	735	691	516	44	175
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	721	691	511	43	166
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	639	691	482	38	119
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	585	691	460	35	90
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		640		1000		-360
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	701	691	505	42	154
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		602		1000		-389
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	562	691	450	34	79
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	483	691	410	29	44
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	648	686	484	39	125
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	537	686	437	32	68
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	569	686	452	34	83
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	835	686	541	50	244
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	633	720	489	38	106
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	627	720	487	38	103

**Πίνακας 3.10 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 1999.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	366	682	336	22	8
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	395	682	356	24	16
A3	P. Χαλινάρι	11,9	457	682	394	27	36
A4	P. Γραμματικού	11,9	451	682	390	27	34
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		368		1000		-632
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	442	682	384	26	31
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		363		1000		-637
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	335	682	314	20	1
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	508	691	423	30	54
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	504	691	421	30	53
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	495	691	416	30	49
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	474	691	405	28	41
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		494		1000		-506
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	528	691	433	32	63
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		451		1000		-549
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	407	691	364	24	18
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	402	691	361	24	17
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	458	686	395	27	36
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	399	686	359	24	16
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	429	686	377	26	26
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	595	686	463	36	96
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	474	720	411	28	35
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιολ</b>	12,7	459	720	402	28	30

**Πίνακας 3.11 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 2000.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	643	682	480	39	123
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	643	682	481	39	124
A3	P. Χαλινάρι	11,9	680	682	494	41	145
A4	P. Γραμματικού	11,9	656	682	485	39	131
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		590		1000		-410
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περν/κα)	11,9	673	682	492	40	141
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		642		1000		-358
B.2	Λ. Πετρών (Περν/κα)	11,9	600	682	646	36	100
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	851	691	548	51	253
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	813	691	538	49	227
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	769	691	526	46	197
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	816	691	539	49	228
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		677		1000		-323
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περν/κα)	12,1	750	691	520	45	185
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		654		1000		-346
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περν/κα)	12,1	623	691	476	37	110
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	578	691	457	35	86
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	779	686	527	47	206
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	665	686	490	40	135
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	653	686	486	39	128
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	895	686	555	54	286
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	822	720	554	49	219
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	709	720	519	43	148

**Πίνακας 3.12 : Υπολογισμός Απορροής για το έτος 2001.**

A/A	Υδρολογική λεκάνη	T(°C)	P (mm)	L	ET (mm)	I (mm)	R(mm)
<b>A</b>	<b>Λ. Βεγορίτιδα</b>						
A1	P. Ρέμα	11,9	479	682	406	29	45
A2	P. Κουφόρεμα	11,9	509	682	422	31	57
A3	P. Χαλινάρι	11,9	577	682	454	35	88
A4	P. Γραμματικού	11,9	498	682	416	30	52
A5.1	Λ. Βεγορίτιδα		457		1000		-543
A5.2	Λ. Βεγορίτιδα (Περι/κα)	11,9	531	682	433	32	67
<b>B</b>	<b>Λ. Πετρών</b>						
B.1	Λ. Πετρών		485		1000		-515
B.2	Λ. Πετρών (Περι/κα)	11,9	448	682	388	27	33
<b>Γ</b>	<b>Λ.Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη</b>						
Γ.1	P. Περικοπή	12,1	583	691	459	35	89
Γ.2	P. Παλίορεμα	12,2	590	691	462	35	92
Γ.3	P. Βαθεία Χαράδρα	12,3	646	691	485	39	122
Γ.4	P. Φανόρεμμα	12,4	643	691	484	39	121
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη		636		1000		-364
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη (Περι/κα)	12,1	666	691	492	40	134
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα		561		1000		-439
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα (Περι/κα)	12,1	490	691	414	29	47
Γ5.3	P. Αμύντας	12,1	528	691	434	32	63
<b>Δ</b>	<b>P. Σούλου</b>						
Δ1	Δυτική Εορδαία	12,0	531	686	434	32	66
Δ2	Πτολεμαίδα	12,0	465	686	399	28	38
Δ3	P. Σούλου (Κεντρικό)	12,0	495	686	415	30	50
Δ4	P. Ξηροπόταμος	12,0	651	686	485	39	126
<b>Ε</b>	<b>P. Παλίορεμα</b>	12,7	515	720	434	31	51
<b>ΣΤ</b>	<b>P. Σαρίγκιοι</b>	12,7	504	720	427	30	46



Πίνακας 3.13 : Συγκεντρωτικός πίνακας όγκων απορροής και για την δεκαετία 1992-2002.

α/α	Υδρολογική Λεκάνη	ΕΤΗΣΙΟΣ ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (m <sup>3</sup> )									
		ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΕΤΗ									
		1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00	2000-01	2001-02
A	Λ. Βεγορίτιδα	40.399.507	19.975.512	41.756.472	51.756.473	63.587.353	37.670.776	48.310.758	38.699.598	64.371.868	46.007.118
A1	P. Ρέμα	2.294.821	883.510	601.370	1.442.009	1.885.756	138.590	416.240	188.040	2.806.988	1.011.928
A2	P. Κουφόρεμα	5.441.803	2.394.041	1.970.887	4.023.199	5.870.535	687.540	1.166.104	740.890	5.692.854	2.622.493
A3	P. Χαλινάρι	7.916.728	4.047.508	3.879.606	6.533.344	10.371.537	1.631.001	2.232.324	1.847.229	7.387.150	4.505.101
A4	P. Γραμματικού	12.164.493	6.626.160	3.120.925	7.053.467	10.797.051	2.482.968	10.889.366	3.536.675	13.648.520	5.427.275
A5.1	P. Βεγορίτιδα	-213.501	-260.380	27.705.808	25.459.355	22.423.163	31.395.206	26.552.439	28.892.181	18.759.256	24.847.357
A5.2	P. Βεγορίτιδα (Περιμετρικά)	12.795.163	6.284.673	4.477.876	7.245.099	12.239.311	1.335.471	7.054.285	3.494.583	16.077.100	7.592.964
B	Λ. Πετρών	5.003.908	1.381.590	8.955.410	9.895.406	10.295.054	10.275.341	8.554.629	7.954.167	15.445.012	9.954.102
B.1	Λ. Πετρών	-626.010	-738.865	7.369.205	7.677.490	7.183.636	9.302.281	7.605.059	7.797.327	4.378.511	6.308.053
B.2	Λ. Πετρών (περιμετρικά)	5.629.918	2.120.455	1.586.205	2.217.916	3.111.418	973.060	949.570	156.840	11.066.501	3.646.049
Γ	Λ. Χειμαδίτιδα/Ζάζαρη	24.548.900	32.820.877	33.535.878	37.416.034	36.434.387	13.285.212	24.987.606	13.127.801	36.606.877	22.454.445
Γ1	P. Περικοπή	2.226.337	2.589.314	2.019.105	3.007.199	2.704.400	861.270	1.796.473	556.530	2.595.678	910.050
Γ2	P. Παλόρεμα	9.708.304	12.429.515	10.662.561	14.014.121	13.124.996	3.766.015	8.308.502	2.626.914	11.329.525	4.619.302
Γ3	P. Παλία χαράδρα	2.222.337	2.815.631	2.532.407	2.912.089	3.001.882	770.960	1.546.405	635.350	2.573.774	1.596.103
Γ4	P. Φανόρεμα	2.532.149	2.531.886	2.262.388	2.673.246	2.592.485	621.060	1.331.886	605.490	3.389.521	1.793.589
Γ5.1	Λ. Ζάζαρη	-617.050	-360.470	371.650	380.910	301.310	901.730	652.570	919.930	586.560	660.570
Γ5.1.1	Λ. Ζάζαρη (περιμετρικά)	948.090	1.468.672	1.409.421	1.468.628	1.594.079	399.630	868.190	353.930	1.040.565	751.960
Γ5.2	Λ. Χειμαδίτιδα	-379.070	-266.060	2.719.164	2.924.058	2.516.545	5.214.097	3.975.048	5.232.367	3.296.321	4.189.373
Γ5.2.1	Λ. Χειμαδίτιδα (περιμετρικά)	1.764.192	2.698.404	2.514.530	2.924.392	2.827.255	480.760	1.602.833	365.520	2.229.354	955.830
Γ5.3	P. Αμύντα	6.143.611	8.913.985	9.044.652	7.111.391	7.771.435	269.690	4.905.699	1.831.770	9.565.579	6.977.668
Δ	P. Σούλου	41.004.754	44.011.317	32.669.734	33.619.060	53.070.239	13.338.739	32.039.731	8.572.564	56.959.135	17.242.298
Δ1	Δυτική Εορδαία	22.954.020	26.766.764	22.165.514	32.310.446	28.631.854	7.993.724	18.985.990	5.420.031	31.205.684	9.942.523
Δ2	Πτολεμίδα	18.050.734	17.244.553	10.504.220	1.308.614	24.438.385	5.345.015	13.053.741	3.152.533	25.753.451	7.299.775
ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΟ		110.957.069	98.189.296	116.917.494	132.686.973	163.387.033	74.570.068	113.892.724	68.354.130	173.382.892	95.657.963

### 3.5.2 Υπολογισμός όγκου απορροής και υδατικό ισοζύγιο

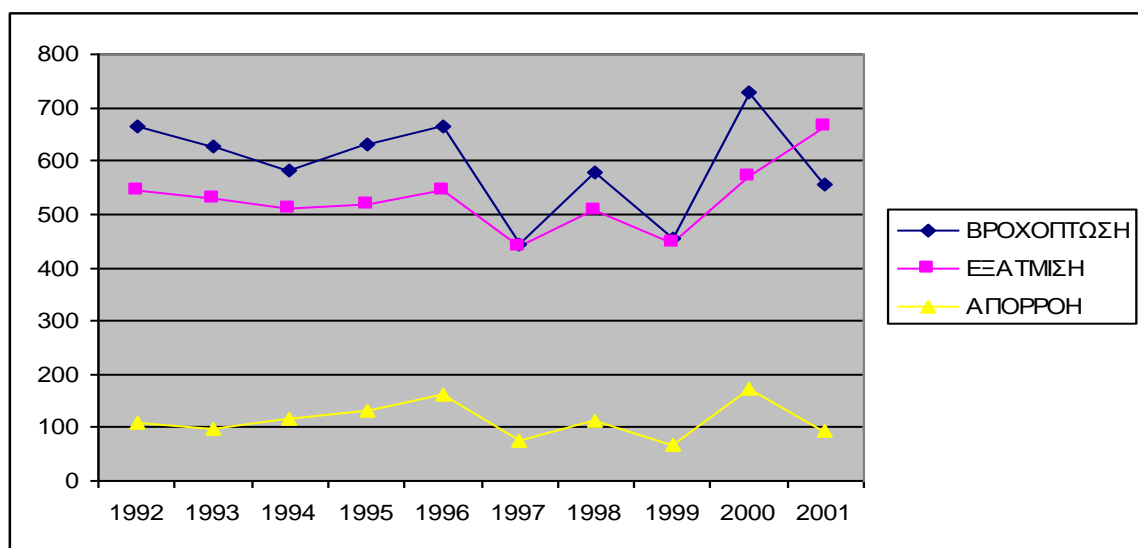
Στον πίνακα 3.14 παρουσιάζονται συγκεντρωμένες οι τιμές των βροχοπτώσεων, εξατμισοδιαπνοών και απορροών της περιόδου 1992 – 2002.

**Πίνακας 3.14 :** Συγκεντρωμένες τιμές των Βροχοπτώσεων, Εξατμισοδιαπνοών και Απορροών.

ΕΤΟΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ P (m <sup>3</sup> )	ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ ET (m <sup>3</sup> )	ΑΠΟΡΡΟΗ R (m <sup>3</sup> )
<b>1992-1993</b>	664.420.469	545.929.471	110.957.069
<b>1993-1994</b>	627.655.053	529.366.017	98.189.296
<b>1994-1995</b>	582.386.052	510.381.472	116.917.494
<b>1995-1996</b>	630.003.809	520.484.316	132.686.973
<b>1996-1997</b>	666.288.560	544.660.322	163.387.033
<b>1997-1998</b>	445.298.974	440.073.451	74.570.068
<b>1998-1999</b>	577.947.394	507.416.340	113.892.724
<b>1999-2000</b>	456.131.698	447.778.020	68.354.130
<b>2000-2001</b>	730.263.317	571.196.278	173.382.892
<b>2001-2002</b>	554.199.436	664.990.653	95.657.963

Με βάση τις τιμές αυτές, προέκυψε το σχήμα 3.1, το οποίο απεικονίζει τις διακυμάνσεις των τριών μεγεθών και δίνει μια εποπτική εικόνα για την υπερετήσια μεταβολή τους. Από τις τιμές του παρακάτω πίνακα προκύπτει για την δεκαετία μελέτης ότι η μέση τιμή της βροχόπτωσης ισούται με  $1.129 \times 10^6 \text{ m}^3$ , η μέση τιμή της εξατμισοδιαπνοής ισούται με  $975 \times 10^6 \text{ m}^3$  τιμή της απορροής ισούται με  $137 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Από το διάγραμμα που ακολουθεί παρατηρούμε ότι η μέγιστη τιμή απορροής της

υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Βεγορίτιδας για την δεκαετία που εξετάζουμε παρουσιάζεται το υδρολογικό έτος 2000 – 2001 ( $292 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μέγιστη βροχόπτωση ( $985 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) που παρουσιάζεται εκείνη την περίοδο σε σχέση με την υπόλοιπη δεκαετία, γι' αυτό και η απορροή που προκύπτει είναι μέγιστη. Υψηλές τιμές απορροής παρουσιάζονται επίσης στα υδρολογικά έτη 1992 – 1993 ( $214 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) και 1996 – 1997 ( $178 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Η ελάχιστη τιμή απορροής εμφανίζεται το υδρολογικό έτος 1999 – 2000 ( $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), όπου παρουσιάζεται και η ελάχιστη βροχόπτωση ( $621 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Παρατηρούμε λοιπόν ότι μετά το πιο ξηρό έτος της δεκαετίας (1999 – 2000), ακολουθεί το πιο βροχερό έτος της δεκαετίας (2000 – 2001).



**Σχήμα 3.1 :** Βροχόπτωση – Εξατμησοδιανοή – Απορροή Υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Βεγορίτιδας για τα έτη 1992 – 2001.

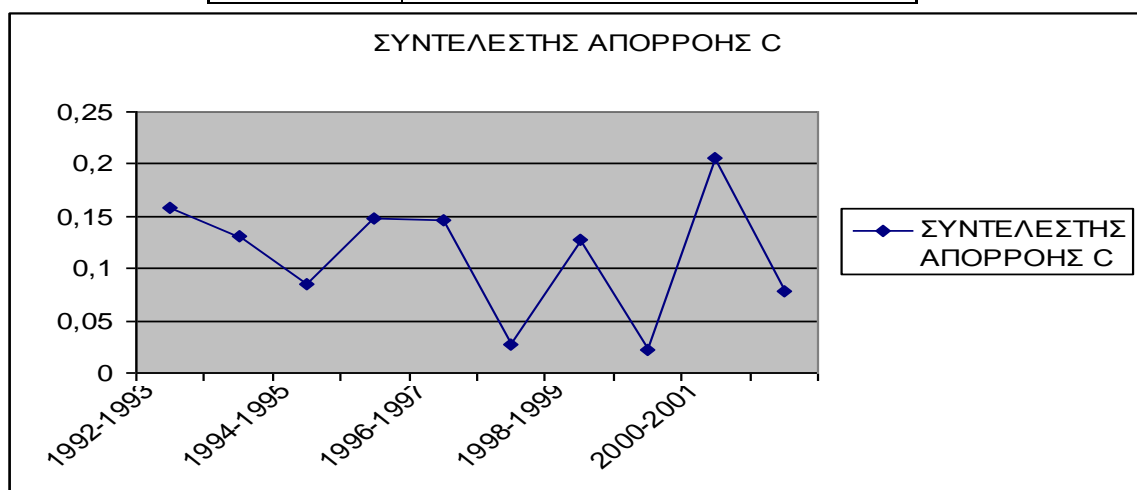
### 3.5.3 Υπολογισμός συντελεστή απορροής

Ο συντελεστής απορροής ορίζεται ως ο λόγος του ύψους της απορροής προς το ύψος της βροχοπτώσεως από την οποία προκλήθηκε. Είναι δηλαδή  $C = R / P$ . Γνωρίζοντας λοιπόν τις τιμές βροχόπτωσης και απορροής μπορούμε να υπολογίσουμε

την τιμή του συντελεστή απορροής για κάθε υδρολογικό έτος όπως φαίνεται στον πίνακα 3.15 που ακολουθεί:

**Πίνακας 3.15 :** Συντελεστής απορροής ανά υδρολογικό έτος.

ΕΤΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ C
1992-1993	0,159
1993-1994	0,131
1994-1995	0,085
1995-1996	0,148
1996-1997	0,147
1997-1998	0,028
1998-1999	0,128
1999-2000	0,022
2000-2001	0,206
2001-2002	0,079



**Σχήμα 3.2 :** Συντελεστής απορροής της λεκάνης απορροής της λίμνης Βεγορίτιδας για τα έτη 1992-2002.

Από τις τιμές του πίνακα 3.15 καθώς και το σχήμα 3.2, προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή του συντελεστή απορροής για την εξεταζόμενη δεκαετία εμφανίζεται το υδρολογικό έτος 2000 – 2001 και ισούται με 0,206, ενώ η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται το υδρολογικό έτος 1999 – 2000 και είναι ίση με 0,22. Αν συσχετίσουμε αυτές τις τιμές με τις τιμές της βροχόπτωσης θα δούμε ότι η μέγιστη τιμή του συντελεστή απορροής παρουσιάζεται την πιο βροχερή περίοδο (1999 – 2000). Τέλος ο μέσος συντελεστής απορροής για τη δεκαετία που εξετάζουμε είναι ίσος με 0,113.

### 3.5 ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

#### 3.5.1 Λίμνη Βεγορίτιδα

Η λίμνη Βεγορίτιδα, παρουσίασε υψηλές συγκεντρώσεις Μαγγανίου και Μολύβδου στο παραπυθμένιο στρώμα στην περιοχή της Άρνισσας. Σε όλα τα σημεία που υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου και ψευδαργύρου και σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχων και νατρίου κάνουν το νερό οριακής ποιότητας για άρδευση, όπως φαίνεται στον πίνακα 3.16.

**Πίνακας 3.16 :** Μέση + τυπική απόκλιση τιμών φυσικοχημικών παραμέτρων στο νερό της λίμνης Βεγορίτιδας κατά την περίοδο 1999 – 2000.  
(στοιχεία : Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2000).

Παράμετρος	No9 Αγ.Παντ. Επιφάνεια	No10 Αγ.Παντ. Πυθμ.13,5m	No11 Κέντρο Επιφάνεια	No12 Κέντρο Πυθμ. 27m	No14 Άρνισσα Επιφάνεια	No15 Άρνισσα Πυθμ. 36m
PH	8,9 ± 0,2	8,2 ± 0,5	8,8 ± 0,2	8,1 ± 0,3	8,8 ± 0,2	8,1 ± 0,4
Temp (°C)	20,0 ± 2,9	11,7 ± 5,1	17,8±3,5	9,6±3,4	17,6±3,1	8,9±3,0
DO (mg/L)	8,8 ± 1,7	8,2 ± 1,6	7,8 ± 1,5	5,9 ± 3,4	8,0 ± 1,0	3,1 ± 3,4
Saturation (%)	93,2 ± 12,5	83,9 ± 16,3	90,4 ± 16,9	62,8 ± 37,4	88,1 ± 13,4	36,0 ± 42,4
Δίσκος Sechi (m)	1,9 ± 0,5		2,1 ± 0,7		2,1 ± 0,7	
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	4,3 ± 1,9	3,1 ± 1,2	2,5 ± 1,9	2,0 ± 2,2	3,6 ± 1,5	2,1 ± 0,0
Redox (mv)	140 ± 52	149 ± 42	137 ± 30	114 ± 49	120 ± 62	120 ± 66
TDS (mg/L)	311 ± 6	320 ± 4	309 ± 5	319 ± 7	311 ± 6	325 ± 5
Cond (μS/cm)	533 ± 72	483 ± 109	532 ± 74	485 ± 110	534 ± 70	502 ± 102
Salinity (‰)	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,020 ± 0,045
F <sup>-</sup> (mg/L)	0,360 ± 0,114	0,577 ± 0,476	0,577 ± 0,498	0,563 ± 0,491	0,579 ± 0,489	0,559 ± 0,487
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	27,9 ± 2,9	28,5 ± 0,9	27,5 ± 1,6	29,1 ± 1,8	28,4 ± 1,9	26,9 ± 2,1
Br <sup>-</sup> (mg/L))	0,181 ± 0,157	0,207 ± 0,217	0,136 ± 0,110	0,199 ± 0,224	0,216 ± 0,206	0,182 ± 0,170

Παράμετρος	No9 Αγ.Παντ. Επιφάνεια	No10 Αγ.Παντ. Πυθμ.13,5m	No11 Κέντρο Επιφάνεια	No12 Κέντρο Πυθμ. 27m	No14 Αρνισσα Επιφάνεια	No15 Αρνισσα Πυθμ. 36m
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,029 ± 0,031	0,064 ± 0,032	0,037 ± 0,03	0,667 ± 1,307	0,042 ± 0,047	0,051 ± 0,037
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,85 ± 0,67	1,15 ± 1,21	0,71 ± 0,42	0,69 ± 0,49	1,02 ± 1,62	0,69 ± 0,18
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	0,063 ± 0,079	0,037 ± 0,036	0,027 ± 0,040	0,092 ± 0,146	0,032 ± 0,042	0,13 ± 0,23
TP-PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,477 ± 0,643	0,110 ± 0,119	0,272 ± 0,346	0,151 ± 0,115	0,177 ± 0,220	0,166 ± 0,157
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	122 ± 79	88 ± 10	83 ± 13	88 ± 11	88 ± 14	83 ± 16
Αλκαλικότητα (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	205 ± 4	196 ± 10	204 ± 2	197 ± 9	206 ± 3	219 ± 20
Στερεό Υπόλειμμα (g/L)	0,037	0,037	0,033	0,04	0,35	0,035
SAR	0,93 ± 0,10	0,87 ± 0,06	0,92 ± 0,12	0,88 ± 0,10	0,93 ± 0,17	0,89 ± 0,20
Σκληρότητα	243 ± 12	249 ± 13,2	240,8 ± 11,4	261 ± 20	252 ± 21	255,9 ± 17,0
Al διαλυτό (mg/L)	16,3 ± 17,3	33,6 ± 43,6	26,5 ± 20,8	34,3 ± 31,9	22,5 ± 29,0	11,3 ± 6,9
Al ολικό (mg/L)	112,6 ± 97,9	881 ± 55	69,2 ± 55,0	82,0 ± 48,9	76,0 ± 48,7	83,9 ± 80,5
Sb (mg/L)	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,6 ± 0,2	0,6 ± 0,3
As (mg/L)	1,5 ± 0,7	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,3	0,8 ± 0,4	0,6 ± 0,1	1,3 ± 1,3
Ca (mg/L)	16,5 ± 6,5	19,7 ± 10,3	19,1 ± 6,6	21,8 ± 10,8	19,9 ± 2,2	19,2 ± 5,8
B (mg/L)	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2
Cd διαλυτό (mg/L)	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,2	1,4 ± 2,0
Cd ολικό (mg/L)	0,7 ± 0,4	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,7 ± 0,3	0,5 ± 0,0	0,6 ± 0,1
K (mg/L)	5,8 ± 0,6	6,1 ± 0,3	6,3 ± 0,3	5,9 ± 0,5	0,8 ± 0,7	5,8 ± 0,6
Mn διαλυτό (mg/L)	23,3 ± 47,3	3,2 ± 2,0	4,1 ± 5,0	11,1 ± 13,9	6,0 ± 0,5	86,7 ± 10,1
Mn ολικό (mg/L)	43,4 ± 69,8	27,4 ± 14,6	22,7 ± 24,4	27,4 ± 18,6	10,8 ± 6,0	150,5 ± 16,0
Mg (mg/L)	46,7 ± 6,3	49,6 ± 8,6	48,3 ± 8,5	53,1 ± 10,5	43,4 ± 6,6	47,0 ± 8,5
Pd διαλυτό (mg/L)	1,3 ± 0,5	1,3 ± 0,5	1,3 ± 0,5	1,3 ± 0,5	3,2 ± 2,8	2,2 ± 1,3
Pd ολικό (mg/L)	2,4 ± 1,7	1,5 ± 0,4	1,9 ± 1,0	1,6 ± 0,6	3,9 ± 3,4	11,2 ± 16,6
Na (mg/L)	33,4 ± 2,0	33,6 ± 1,9	33,9 ± 2,3	34,7 ± 1,7	35,7 ± 0,8	34,5 ± 1,3

Παράμετρος	No9 Αγ.Παντ. Επιφάνεια	No10 Αγ.Παντ. Πυθμ.13,5m	No11 Κέντρο Επιφάνεια	No12 Κέντρο Πυθμ. 27m	No14 Αρνισσα Επιφάνεια	No15 Αρνισσα Πυθμ. 36m
Ni διαλυτό (mg/L)	1,8 ± 0,4	2,7 ± 2,0	2,0 ± 1,2	1,9 ± 0,7	2,2 ± 1,0	2,5 ± 1,7
Ni ολικό (mg/L)	4,2 ± 1,0	6,5 ± 2,5	3,9 ± 1,4	3,4 ± 0,5	4,2 ± 1,3	5,1 ± 1,4
Se (mg/L)	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0
Si (mg/L)	0,4 ± 0,3	0,5 ± 0,3	0,4 ± 0,3	0,4 ± 0,2	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,2
Fe διαλυτό (mg/L)	41,5 ± 21,2	73,7 ± 43,0	38,3 ± 12,2	60,2 ± 26,1	58,0 ± 31,8	92,6 ± 64,0
Fe ολικό (mg/L)	387,1 ± 391,2	360,0 ± 392,4	136,5 ± 67,7	211,4 ± 172,9	199,6 ± 91,2	416,7 ± 389
Hg (mg/L)	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Cr διαλυτό (mg/L)	2,0 ± 0,0	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	2,2 ± 0,1
Cr ολικό (mg/L)	2,1 ± 0,2	4,2 ± 2,8	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,1	13,1 ± 19,9
Cu (mg/L)	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,1	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
Zn διαλυτό (mg/L)	59,0 ± 61,5	30,5 ± 21,4	43,7 ± 38,6	57,8 ± 34,4	46,9 ± 37,0	45,0 ± 41,5
Zn ολικό (mg/L)	465,6 ± 441,3	821,7 ± 933,0	597,2 ± 612,1	449,0 ± 442,5	339,5 ± 359,6	630,4 ± 809

**Πίνακας 3.17 :** Μέση, μέγιστη και ελάχιστη συγκέντρωση των γεωργικών φαρμάκων καφεΐνης και αντίστοιχα ανιχνεύσεως στο νερό της λίμνης Βεγορίτιδας κατά την περίοδο 1999 – 2000. (Υ.Α.Α.Τ., 2000).

	Αριθμός Ανιχνεύσεων	% Ποσοστό (n=30)	Ελάχιστη Συγκέντρωση	Μέγιστη Συγκέντρωση	Μέση Συγκέντρωση
Atrazine	10	33	0,013	0,022	0,017
Metolachlor	8	27	0,005	0,057	0,027
Caffeine	7	23	0,025	0,139	0,058
Alachlor	5	17	0,01	0,026	0,018
Parathion	2	7	0,007	0,007	0,007
P,p-DDE	1	3	0,005	0,005	0,005



Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του οργανικού φορτίου ρύπων παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα 3.17. Από αυτά προκύπτει ότι η Βεγορίτιδα εκτός από καφεΐνη περιέχει και Atrazine, σε μικρές συγκεντρώσεις βέβαια, όμως υπάρχει ομοιόμορφη σχεδόν κατανομή σε όλη την έκταση και βάθος της λίμνης. Χαμηλές συγκεντρώσεις Parathion και DDE ανιχνεύθηκαν στα νερά της λίμνης Βεγορίτιδας περιστασιακά. Οι συγκεντρώσεις των ζιζανιοκτόνων Atrazine και Metolachlor, δεν ξεπέρασαν ποτέ τα 0,1 mg/l. Η παρουσία των γεωργικών φαρμάκων στις χαμηλές αυτές συγκεντρώσεις πιθανότατα οφείλεται στην χρήση τους σε παρακείμενες αγροτικές περιοχές.

### 3.5.2 Λίμνη Πετρών

Από τις αναλύσεις του φορτίου της λίμνης Πετρών, στο πίνακα 3.18 προκύπτει ότι η λίμνη αυτή πρέπει να έχει τροφοδοσία θαλάσσιου νερού (υψηλή αλατότητα, αλκαλικότητα και υψηλές συγκεντρώσεις βρωμιούχων, θεικών, χλωριούχων, νατρίου και μαγνησίου) αλλά και υψηλές συγκεντρώσεις μολύβδου (επιφανειακό στρώμα) και ψευδαργύρου.

**Πίνακας 3.18 :** Μέση + τυπική απόκλιση των τιμών φυσικοχημικών παραμέτρων στο νερό των λιμνών Πετρών και Ζάζαρης κατά την περίοδο 1999 – 2000. (Υ.Α.Α.Τ.,2000).

Παράμετρος	No 16 Πετρών Επιφάνεια	No 17 Πετρών Πυθμ. 3 m	No 18 Ζάζαρη Επιφάνεια	No 19 Ζάζαρη Πυθμ. 5m
PH	8,9 ± 0,2	8,9 ± 0,3	8,7 ± 0,7	8,1 ± 0,5
Temp (°C)	15,0 ± 7,8	14,7 ± 7,9	16,6 ± 9,4	19,9 ± 8,8
DO (mg/L)	9,2 ± 1,3	9,1 ± 1,4	8,7 ± 1,8	6,3 ± 2,3

Παράμετρος	No 16 Πετρών Επιφάνεια	No 17 Πετρών Πυθμ. 3 m	No 18 Ζάζαρη Επιφάνεια	No 19 Ζάζαρη Πυθμ. 5m
Saturation %	92,3 ± 13,5	95,5 ± 8,4	94,42 ± 20,70	60,2 ± 15,8
Δίσκος Secchi, m	0,4 ± 0,1		0,5 ± 0,2	
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	4,4 ± 1,7	5,4 ± 2,5	4,7 ± 1,9	3,9 ± 1,4
Redox, Mv	146 ± 45	132 ± 47	122 ± 33	148 ± 48
TDS (mg/L)	443 ± 28	503 ± 117	107 ± 5	109 ± 5
Cond (μS/cm)	749 ± 123	746 ± 123	185 ± 24	186 ± 26
Salinity ‰	0,160 ± 0,055	0,160 ± 0,055	0,000 ± 0,000	0,000 ± 0,000
F <sup>-</sup> (mg/L)	0,605±0,457	0,631±0,436	0,669±0,588	0,491±0,279
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	41,9±2,4	48,6±15,4	7,5±7,1	6,3±1,3
Br <sup>-</sup> (mg/L)	0,392±0,555	0,425±0,441	0,103±0,140	0,129±0,137
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,036±0,037	0,025±0,025	0,042±0,047	0,048±0,038
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,99±0,72	1,41±0,62	1,43±1,42	1,32±1,47
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,029±0,042	0,028±0,037	0,160±0,257	0,295±0,520
TP-PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,140±0,154	0,156±0,126	0,1286±0,1254	0,202±0,135
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	172±31	172±37	21±6	18±2
Αλκαλικότητα CaCO <sub>3</sub> (mg/L)	248 ± 22	210 ± 96	100 ± 44	103 ± 52
Στερεό Υπόλειμμα (g/L)	0,653	0,063	0,019	0,018
SAR	1,59 ± 0,27	1,55 ± 0,26	0,54 ± 0,34	0,84 ± 0,67
Σκληρότητα	282,9 ± 22,4	276,8 ± 25,6	49 ± 11	131,4 ± 13,5
Al, διαλυτό (mg/L)	81,68 ± 11,65	48,10 ± 43,73	34,18 ± 26,25	9,58 ± 5,91
Al, ολικό (mg/L)	204,5 ± 68,50	145,4 ± 26,04	163,7 ± 33,83	112,6 ± 33,29
Sb (mg/L)	0,50 ± 0,00	0,50 ± 0,00	0,50 ± 0,00	0,5 ± 0,0
Ca (mg/L)	17,92 ± 8,77	13,18 ± 3,33	9,33 ± 4,16	8,98 ± 4,22
B (mg/L)	0,47 ± 0,16	0,56 ± 0,06	0,18 ± 0,06	0,15 ± 0,08

Παράμετρος	No 16 Πετρών Επιφάνεια	No 17 Πετρών Πυθμ. 3 m	No 18 Ζάζαρη Επιφάνεια	No 19 Ζάζαρη Πυθμ. 5m
Cd, διαλυτό (mg/L)	0,50 ± 0,00	0,52 ± 0,04	1,40 ± 2,01	0,52 ± 0,04
Cd, ολικό (mg/L)	1,42 ± 0,94	0,96 ± 0,60	1,10 ± 0,82	4,84 ± 9,37
K (mg/L)	10,32 ± 1,15	10,35 ± 0,93	5,33 ± 0,21	5,48 ± 0,65
Mn, διαλυτό (mg/L)	9,38 ± 11,31	5,55 ± 4,14	8,44 ± 7,68	11,38 ± 7,21
Mn, ολικό (mg/L)	24,25 ± 17,19	61,55 ± 63,91	104,70 ± 38,50	82,55 ± 56,27
Mg (mg/L)	62,50 ± 8,84	38,93 ± 28,20	6,50 ± 1,35	6,40 ± 1,30
Pd, διαλυτό (mg/L)	2,50 ± 2,35	1,68 ± 0,59	3,58 ± 2,53	1,93 ± 0,73
Pd, ολικό (mg/L)	17,68 ± 31,02	2,24 ± 0,34	17,23 ± 2,79	3,14 ± 0,76
Na (mg/L)	61,66 ± 8,66	63,28 ± 7,74	12,28 ± 2,60	12,15 ± 2,66
Ni, διαλυτό (mg/L)	3,73 ± 1,57	2,60 ± 0,90	2,55 ± 1,38	2,31 ± 0,25
Ni, ολικό (mg/L)	8,90 ± 5,14	15,80 ± 19,62	5,53 ± 1,87	4,25 ± 1,33
Se (mg/L)	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Si (mg/L)	2,34 ± 1,70	2,48 ± 1,31	4,69 ± 1,97	5,00 ± 2,87
Fe, διαλυτό (mg/L)	88,44 ± 67,42	62,48 ± 27,69	106,40 ± 37,78	123,26 ± 31,30
Fe, ολικό (mg/L)	641,6 ± 447,6	542,3 ± 399,8	705,4 ± 304,4	653,6 ± 346,3
Hg (mg/L)	0,10 ± 0,00	112,88 ± 25,22	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00
Cr, διαλυτό (mg/L)	2,16 ± 0,22	1,62 ± 0,85	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
Cr, ολικό (mg/L)	4,73 ± 3,04	3,37 ± 1,74	2,72 ± 1,50	2,40 ± 0,55
Cu (mg/L)	0,10 ± 0,00	0,54 ± 0,10	0,10 ± 0,00	0,10 ± 0,00
Zn, διαλυτό (mg/L)	71,12 ± 4 2,37	47,86 ± 43,78	59,92 ± 42,76	71,12 ± 63,31
Zn, ολικό (mg/L)	574,5 ± 53,3	679,8 ± 74,5	535,5 ± 50,3	665,6 ± 62,4

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του οργανικού φορτίου ρύπων παρουσιάζονται στον πίνακα 3.19. Όπως προκύπτει τα ζιζανιοκτόνα atrazine και meteolachlor ήταν και στη λίμνη των Πετρών, όπως και στη Βεγορίτιδα τα πιο συχνά ανιχνεύόμενα γεωργικά φάρμακα. Ταυτόχρονα, συγκεντρώσεις καφεΐνης ανιχνεύθηκαν στο 20% των δειγμάτων που αναλύθηκαν υποδηλώνοντας την εισροή

αστικών λυμάτων στη λίμνη. Οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων ζιζανιοκτόνων δεν ξεπέρασε τα 0,1 mg/L σε κανένα δείγμα. Γενικά η ποιότητα των νερών της λίμνης Πετρών όσον αφορά το οργανικό φορτίο ρύπων ήταν ικανοποιητική.

**Πίνακας 3.19 :** Μέση, μέγιστη και ελάχιστη συγκέντρωση των γεωργικών φαρμάκων καφεΐνης και αντίστοιχα ανιχνεύσεως στο νερό της λίμνης Βεγορίτιδας κατά την περίοδο 1999 – 2000. (Υ.Α.Α.Τ., 2000).

	Αριθμός Ανιχνεύσεων	Ελάχιστη Συγκέντρωση	Μέγιστη Συγκέντρωση	Μέση Συγκέντρωση
Atrazine	8	0,018	0,062	0,039
Metolachlor	4	0,036	0,059	0,051
Caffeine	2	0,058	0,090	0,074

### 3.5.3 Λίμνη Ζάζαρη

Η λίμνη αυτή, αν και γεωγραφικά βρίσκεται κοντά στη Πετρών, έχει τελείως διαφορετική χημική σύσταση. Θα μπορούσε να θεωρηθεί εξαιρετική η ποιότητα της αν εξαιρεθούν οι υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου και ψευδαργύρου και μολύβδου (επιφανειακό στρώμα).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του οργανικού φορτίου ρύπων περιλαμβάνονται στον πίνακα 3.20. Η Ζάζαρη επίσης περιέχει atrazine και καφεΐνη και μάλιστα οι συγκεντρώσεις της ατραζίνης είναι όμοιες με εκείνες της Βεγορίτιδας. Οι συγκεντρώσεις της ατραζίνης και στις 3 λίμνες (Βεγορίτιδα, Πετρών, Ζάζαρης) είναι 5 με 10 φορές κάτω από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια της Κοινοτικής Νομοθεσίας για την ποιότητα πόσιμων νερών.

**Πίνακας 3.20 :** Μέση, μέγιστη και ελάχιστη συγκέντρωση των γεωργικών φαρμάκων καφεΐνης και αντίστοιχα ανιχνεύσεως στο νερό της λίμνης Βεγορίτιδας κατά την περίοδο 1999 – 2000. (Υ.Α.Α.Τ., 2000).

	Αριθμός Ανιχνεύσεων	Ελάχιστη Συγκέντρωση	Μέγιστη Συγκέντρωση	Μέση Συγκέντρωση
Atrazine	3	0,008	0,037	0,019
Metolachlor	2	0,018	0,034	0,026
cafeine	1	0,026	0,026	0,026
Alachlor	2	0,009	0,035	0,022

#### 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η λίμνη Βεγορίτιδα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους υδατικούς πόρους της Δυτικής Μακεδονίας και ίσως τον σημαντικότερο υδατικό πόρο της περιοχής. Ως υδατικό κεφάλαιο, η ανωτέρω λίμνη, χρήζει άμεσης προστασίας, λόγω της αρνητικής κατάστασης που έχει περιπέσει τα τελευταία χρόνια. Η υδρολογική λεκάνη της λίμνης, πλέον του γραμμικού υδρογραφικού δικτύου της, περιλαμβάνει ένα αξιόλογο λιμνιαίο διασυνδεδεμένο υδατικό σύστημα τεσσάρων λιμνών:

- ✓ Λίμνη Βεγορίτιδα.
- ✓ Λίμνη Πετρών.
- ✓ Λίμνη Χειμαδίτιδα.
- ✓ Λίμνη Ζάζαρη.

Η παραπάνω περιοχή λόγω της γεωλογικής ιδιομορφίας της και του φυσικού της κάλους αποτέλεσε ιδιαίτερο αντικείμενο έρευνας ήδη από το 1895, οπότε και έχουμε στοιχεία μέτρησης της στάθμης της (σχ. 4.1).



**Σχήμα 4.1 :** Διαχρονική εξέλιξη της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδας (1895-1999).

Με την περιοχή αυτή ασχολήθηκαν κατά χρονολογική σειρά οι ακόλουθοι επιστήμονες:

- Μ. Μαραβελάκης: Γεωφυσικά έρευναι εν Μακεδονία , 1926.
- PHILIPSON: Beitrage zur Morphologie , Griechenlands-Stuttgart 1930.
- K. OSSWALD: Geologische Geschichte V. Griechisch (NordMakedonien-Athens 1931).
- JESSE SHUMANN: Notes on Lake Levels –1931, M. Weather Review Washington.
- MARGARET HALSUCK: Causes of the fluctuations in level of Lake Ostrovo W. M. , The Geographical Journal 1937.
- Σε μεταγενέστερη εποχή το 1957 ο αείμνηστος Καθηγητής των Υδραυλικών Έργων του Α.Π.Θ. κ. Ν. Χωραφάς πραγματοποίησε μια αξιόλογη υδρολογική και υδροδυναμική διερεύνηση της Λίμνης Βεγορίτιδος, ενώ το 1982 ο Υδρογεωλόγος, Α. Παπακωνσταντίνου ασχολήθηκε με τα υδρογεωλογικά και υδροχημικά δεδομένα της λίμνης και τα αίτια ρύπανσης της. Στα τελευταία χρόνια έχει παρουσιαστεί μεγάλη επιστημονική ενασχόληση με τη Λίμνη Βεγορίτιδα, η οποία αποτελεί πλέον πεδίο έρευνας και μελέτης από πολλούς φορείς όπως το ΙΓΜΕ (κ. Α. Στάμος-Υδρογεωλόγος κ.ά), η ΔΕΗ (κ. Δ. Δημητρακόπουλος - Μηχανικός Μεταλλείων κ.ά.), το Υπουργείο Γεωργίας (Γ. Φουρκιώτης κ.α.) καθώς και το Α.Π.Θ. (Χ. Τζιμόπουλος - Καθηγητής και Β. Αντωνόπουλος-Αναπληρωτής Καθηγητής)

**Η λίμνη Βεγορίτιδα** βρίσκεται στο βορειότερο μέρος της Εορδαϊκής λεκάνης και κατά το έτος 1957 κατελάμβανε έκταση 68 km<sup>2</sup>, δηλαδή περίπου το 75% του

συνόλου της έκτασης των τεσσάρων λιμνών με απόλυτο υψόμετρο της επιφάνειάς της πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας +540 m και περίμετρο 55 km και με μέγιστο βάθος νερού 70 m, ενώ ο όγκος του νερού ανέρχονταν σε  $\sim 2200 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Αποτελούσε μια από τις μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας μετά την Μικρή Πρέσπα και επίσης μια από τις ομορφότερες, ενώ το όλο υδατικό σύστημα των τεσσάρων λιμνών αποτελούσε ένα αξιόλογο υδατικό σύνολο.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, μετά από επεξεργασία λιμνολογικών, περιβαλλοντικών και κλιματολογικών παραμέτρων, έδειξε τα αποτελέσματα για την δεκαετία που εξετάσει, όσον αφορά την διακύμανση του υδατικού ισοζυγίου και της ποιότητας των υδάτων.

Σήμερα μετά από 43 χρόνια η όλη κατάσταση έχει αλλάξει δραματικά:

- Το μέσο απόλυτο υψόμετρο της επιφάνειας της λίμνης έχει υποβιβαστεί αρκετά και κυμαίνεται περίξ του +526 m.
- Η επιφάνειά της έχει απολεσθεί κατά 51,5% περίπου και σήμερα ανέρχεται σε  $33 \text{ km}^2$  περίπου.
- Ο όγκος της έχει μειωθεί κατά 67,8% περίπου, δηλαδή έχει φθάσει τα  $708 \times 10^6 \text{ m}^3$ .
- Το όλο υδατικό σύνολο έχει ενωθεί με ανθρωπογενείς επεμβάσεις με τη βοήθεια ενωτικών τάφρων και σιράγγων, ενώ το 1955 αποτελούσε ανεξάρτητο σύνολο χωρίς επιφανειακές εκφορτίσεις σε άλλους φυσικούς ή τεχνητούς αποδέκτες.
- Έχει δημιουργηθεί μια δυσάρεστη κατάσταση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού και εμφανίζει χαρακτηριστικά ρύπανσης, αλλά προς το παρόν μη αναστρέψιμης.



- Την περίοδο που εξετάζει η εργασία έχουμε πτώση της στάθμης της λίμνης που κυμαίνεται σήμερα περίξ του μέσου απόλυτου υψομέτρου +509 m, δηλαδή ταπείνωση των νερών κατά 16 επιπλέον μέτρα (m). Κατά την περίοδο αυτή διαδραματίζονται τα κάτωθι γεγονότα:
  - ο Η σήραγγα της Άρνισσας δεν μπορεί πλέον να παροχετεύσει νερό, εξαιτίας του ότι το απόλυτο υψόμετρο στην είσοδό της είναι +515 m (> +509 m).
  - ο Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις έχουν δημιουργήσει πλέον ένα ενιαίο υδατικό σύνολο των λιμνών με τελικό αποδέκτη τη λίμνη Βεγορίτιδα.
  - ο Η ΔΕΗ εκμεταλλεύεται το λιγνίτη (ορυχείο Αμυνταίου) και στα πλαίσια της τήρησης της περιβαλλοντικής Νομοθεσίας, έχει εγκαταστήσει αυτοματοποιημένο σύστημα τηλεμετρικής παρακολούθησης των ποσοτικών (στάθμες και παροχές αντλήσεων και συνολικοί όγκοι νερού) αλλά και των ποιοτικών παραμέτρων (Ηλεκτρική Αγωγιμότητα – Ecw, pH, Διαλυμένο Οξυγόνο – DO και Θερμοκρασία νερού – Tw) τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδάτων στα Ορυχεία Νοτίου Πεδίου και Καρδιάς με σκοπό την προστασία του υδάτινου πλούτου και τη συμμόρφωσή της με την υφιστάμενη περιβαλλοντική νομοθεσία. Έτσι ενώ στο παρελθόν παρατηρήθηκαν πολλές υπερβάσεις και υποβάθμιση ποσοτική και ποιοτική, σήμερα με την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση των παραμέτρων των υδάτων, έχει συμμορφωθεί πλήρως.
  - ο Αρδεύονται όλο και περισσότερες γεωργικές εκτάσεις, με πλήθος ιδιωτικών γεωτρήσεων και με αντλιοστάσια τα οποία σε ετήσια βάση καταναλώνουν περίπου 59.000.000 m<sup>3</sup> νερού.

- ο Ταυτόχρονα έχει δημιουργηθεί μια ποιοτική υποβάθμιση των νερών της λίμνης από την είσοδο ρύπων στη λίμνη δια μέσου των υδατορρευμάτων.

Η κατάσταση, ευτυχώς δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως μη αναστρέψιμη. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να ληφθούν μέτρα σε ότι αφορά την οικολογική διατήρηση της μεγαλύτερης λίμνης της Μακεδονίας και του υδάτινου πλούτου της γενικότερα. Τα μέτρα αυτά αφορούν τόσο το ποσοτικό όσο και το ποιοτικό της υδατικό ισοζύγιο και μπορούν να συνοψιστούν στα παρακάτω:

1. Συντήρηση των παλαιωμένων δικτύων άρδευσης με σύγχρονα έτσι ώστε να μειωθούν οι απώλειες οι οποίες στα κλειστά υπό πίεση δίκτυα μπορούν να φτάσουν το 30% ενώ στα ανοικτά χωμάτινα με διώρυγες το 65% ή ακόμα καλύτερα αντικατάσταση με στάγδην άρδευση όπου οι απώλειες ελαχιστοποιούνται.
2. Αντικατάσταση των υδροβόρων καλλιεργειών με καλλιέργειες λιγότερο υδροβόρες.
3. Αντικατάσταση των συμβατικών καλλιεργειών με καλλιέργειες βιολογικής γεωργίας, ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι επικίνδυνοι ρύποι από τα επιστρεφόμενα νερά της άρδευσης που περιέχουν υπολείμματα φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων.
4. Συστηματική παρακολούθηση της ποσοτικής (υδατικό ισοζύγιο) αλλά και της κατάστασης της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Βεγορίτιδας καθώς επίσης και των γύρω λιμνών οι οποίες αποτελούν ένα ενιαίο υδάτινο οικοσύστημα. Η παρακολούθηση αυτή, θα πρέπει να είναι αυτοματοποιημένη και να βρίσκεται σε συνεχή τηλεμετρική (on line) επικοινωνία, με τα κέντρα λήψης αποφάσεων (Νομαρχίες Πέλλας, Φλώρινας και Κοζάνης, Περιφέρειες Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας

οι οποίες μοιράζονται τη λεκάνη απορροής της λίμνης) έτσι ώστε να προστατεύεται το φυσικό περιβάλλον της λίμνης και οι παραβάτες να εντοπίζονται επί τόπου και να τους επιβάλλονται τα αντίστοιχα πρόστιμα (ο ρυπαίνων πληρώνει).

Με τα παραπάνω μέτρα αναμένεται να ανακάμψει ο υδάτινος πλούτος της λίμνης Βεγορίτιδας και του συμπλέγματος των λιμνών Ζάζαρης, Χειμαδίτιδας και Πετρών δίνοντας στην περιοχή δυνατότητες αγροτουρισμού, ψυχαγωγίας, περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και απaráμιλλη ομορφιά.

## 5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

**Antonopoulos, V. & Gianniou S. (2003).** «Simulation of water temperature and dissolved oxygen distribution in Lake Vegoritis, Greece» Ecological Modelling, Vol.: 160, Issue:11, pp. 39-53, 2/2003.

**European Community (2000).** Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the council of 23 October 2000, establishing a framework for community action in the field of water policy. In: Official journal of the European communities, 22 December 2000, L 327, pp 1–72

**Neofitou, C., Dimitriadis A. (2005).** «Self-purification of a long-stretched gully affects the restoration of an alpine type lake in Northern Greece» Fresenius Environmental Bulletin, Vol 14, No12a, pp. 1141 – 1149.

**Todd, D.K. (1980).** Groundwater Hydrology, Second Edition, Wiley, pp.535.

**Wilson, E.M. (1990).** Engineering Hydrology, Macmillan Co, N.Y.

**Mantzafleri, N., Psilovikos Ar. & Blanta A. (In Press).** Water Quality Monitoring and Modeling in Lake Kastoria, Using GIS. Assessment and Management of Pollution Sources. Water Resources Management, DOI: 10.1007/s11269-009-9431-4.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αντωνόπουλος, Β., Παπαμιχαήλ Δ. (1997).** «Έλλειμα στο Ισοζύγιο του Νερού της Λίμνης Βεγορίτιδας – Διερεύνηση με Στοχαστικές Διαδικασίες», Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ε.Υ.Ε., Πάτρα 1997.
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, (1972).** Φύλλα Χάρτη 1:50.000 «Κοζάνη», «Γρεβενά», «Βελβενδό», «Πτολεμαΐδα», «Φλώρινα» και «Βέροια».
- Κυριοπούλου, Δ., Κρόκου Ι. (2003).** «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Αρνός, Αθήνα.
- Μιμίκου, Μ. (1994).** «Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994.
- Παπακωνσταντίνου, Α. (1982).** «Η λίμνη της Βεγορίτιδας», Ι.Γ.Μ.Ε.
- Παπαμιχαήλ, Δ. (2001).** «Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
- Παπαμιχαήλ, Δ., Γεωργίου Π. (1997).** «Διερεύνηση των Σχέσεων Βροχής-Απορροής της Υδρολογικής Λεκάνης της Αμλμωπίας με την Εφαρμογή ενός Υδρολογικού Μοντέλου», Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ε.Υ.Ε., Πάτρα 1997.
- Σιούτης, Δ. (1989).** «Υδρολογία της Λίμνης Βεγορίτιδας – Το πρόβλημα της Πτώσης της Στάθμης – Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις».
- Σπυρίδης, Α. (1994).** «Υδραυλική Μελέτη Ποταμού Σακουλέβα – Φλώρινα», Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Φλώρινας.
- Σπυρίδης, Α., Κουτάλου Β. (2000).** «Διερεύνηση των δυνατοτήτων εμπλουτισμού της λίμνης Βεγορίτιδος με μεταφορά νερού από γειτονικές υδρολογικές λεκάνες». Ν.Α. Νομού Φλώρινας / ΔΕΒ.
- Στάμος, Α. (1993).** «Μερικά υδρολογικά Στοιχεία της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Βεγορίτιδας», Πραγματεία, Σεπτέμβριος 1993.

- Τζιμόπουλος, Χ. (1982).** «Γεωργική Υδραυλική – Τόμος Ι: Εξατμισοδιαπνοή-Διηθητικότητα-Ατομικά Δίκτυα», ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος, Χ. (1982).** «Γεωργική Υδραυλική – Τόμος ΙΙ: Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα με Καταιονισμό», ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος, Χ., Σπυρίδης Α. (1996).** «Το Υδατικό Ισοζύγιο της Λίμνης Τριχωνίδας», Διεθνές Συνέδριο με τίτλο «Διαχείριση Υδατικών Πόρων», Λάρισα, 1996.
- Τζιμόπουλος, Χ. & Πλιάτσικα Δ. (2005).** «Έρευνα διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας». Ηλεκτρονικά Πρακτικά του Συνεδρίου HELECO'05.
- Τσακίρης, Γ. (1995).** «Υδατικοί Πόροι: Ι Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Υ.Β.Ε.Τ., (1987).** Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, Αρχείο Βροχομετρικών – Μετεωρολογικών – Κλιματολογικών σταθμών.
- Χωραφάς, Ν. (1957).** «Η λίμνη Βεγορρίτις. Υδρολογική Διερεύνησις και Υδροδυναμική Αξιοποιήσις», Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- Ψιλοβίκος, Α. (2005).** Αειφορική Διαχείριση Υδατικών Πόρων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 210, Βόλος.
- Γιαννόπουλος, Σ. (1997).** «Μαθήματα Τεχνικής Υδρολογίας», Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Γκέκας, Α., Δημητρακόπουλος Δ. κ.ά., (2000).** «Εφαρμογή Συστήματος Αυτόματης Συλλογής Δεδομένων στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων Λεκάνης Βεγορίτιδας», Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ε.Υ.Ε., Αθήνα.
- Καλλέργης, Γ. (1986).** «Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία», Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα .
- Κάπος, Μ. (1996)** «Άντληση-Υδρευση-Αρδευση», Αθήνα.
- Κουνιάς, Σ., κ.ά, (1985).** «Εισαγωγή στη Στατιστική», Θεσσαλονίκη.

- Κυριοπούλου, Α. Κρόκου Ι. (1993).** «Τεχνική Υδρολογία», ΑΡΝΟΣ, Αθήνα.
- Μάνος, Β. (1990).** «Γεωργική Οικονομική Στατιστική», Θεσσαλονίκη.
- Ξανθόπουλος, Θ. (1971).** «Μαθήματα Στατιστικής Υδρολογίας», Θεσσαλονίκη.
- Παπαζαφειρίου, Ζ. (1984).** «Υδρολογία Επιφανειακών υδάτων», Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Παπακωνσταντίνου, Α. (1982).** «Η λίμνη της Βεγορίτιδας», Θεσσαλονίκη.
- Παπαμιχαήλ, Α. (1992).** «Στατιστική και Στοχαστική Υδρολογία», Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Παπαμιχαήλ, Α., Γεργίου Π. (1997).** «Διερεύνηση των Σχέσεων Βροχής-Απορροής της Υδρολογικής Λεκάνης της Αμλμωπίας με την Εφαρμογή ενός Υδρολογικού Μοντέλου», Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ε.Υ.Ε., Πάτρα.
- Πρακτικά Ημερίδας :** Διαχείριση Υδατικών Πόρων στη Λεκάνη Κοζάνης-Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, Πτολεμαΐδα, 1997, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας-Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας Δυτικής Μακεδονίας
- Σαπουνάς, Α. (1998).** «Υδατικό Ισοζύγιο και Ποιοτική Κατάσταση της Λίμνης Βεγορίτιδας την Περίοδο 1981-1992», Πτυχιακή Διατριβή υπό Β.Αντωνόπουλου Αναπληρωτή καθηγητή Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Σπυρίδης, Α. (1994).** «Υδραυλική Μελέτη Ποταμού Σακουλέβα - Φλώρινα», Θεσσαλονίκη.
- Στάμος, Α. (1990).** «Ενδεχόμενες Επιπτώσεις Ρύπανσης ή Μόλυνσης των Υπόγειων Νερών και Λιμνών της Περιοχής Πτολεμαΐδας από τα Αστικά Λήμματα και τα Βιομηχανικά Απόβλητα», Μάρτιος.
- Στάμος, Α. (1990).** «Μερικά Στοιχεία για την Πτώση της Στάθμης της Λίμνης Βεγορίτιδας, τα Αίτια και Προτάσεις», Σεπτέμβριος.

- Στάμος, Α. (1993).** «Μερικά υδρολογικά Στοιχεία της Ευρύτερης Περιοχής της Λίμνης Βεγορίτιδας», Σεπτέμβριος.
- Τζιμόπουλος, Χ., Σπυρίδης Α. κ.ά. (1998).** «Αξιοποίηση των Επιφανειακών και Υπογείων Υδάτων της Ευρύτερης Περιοχής Βεγορίτιδας», Τετραμερία «Περιβάλλον & Υγεία», Δ. Μακεδονία.
- Υ.Β.Ε.Τ., (1987).** Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, Αρχείο Βροχομετρικών – Μετεωρολογικών - Κλιματολογικών σταθμών, Αθήνα.
- Χωραφάς, Ν. (1957).** «Η λίμνη Βεγορίτις. Υδρολογική Διερεύνησις και Υδροδυναμική Αξιοποίησις», Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα.
- Ψωινός, Α. (1989).** «Εφαρμοσμένη Στατιστική», ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.



## **6 Abstract**

The lake Vegoritis is a vital part of Municipality of Amyntaio, which affects and affected by the life of residents of the surround region. The histories and legends that are related with the lake show the intense relationship between the lake and the habitats of region. The human factor gradually influenced negatively the lake. Only the last years it has given the proper attention to the problems that were created.

The ignorance of the residents for the unfavorable impacts that would follow, as well as their greed for more cultivable ground led to the quantitative and qualitative degradation of lake Vegoritida. The consequences from these ecological pressures are obvious since the last years. The flora and the fauna of the ecosystem were influenced considerably and the quality of waters of lake was degraded.

The climatic conditions that have prevailed in the wider region are influenced considerably by the lake and they are characterized by intense rainfalls, fog and humidity, during the whole year. The lake, is characterized by intense eutrophication, which confirmed by the samplings of the 1999 – 2000 period. Is it worthy that, more recent samplings were not taken, which would give with clarity the status of the water quality during the present period.

The intense eutrophication of the lake has as result the three categories of organisms that are essential for an ecosystem, in proportions that deviate from the physiologic levels.

The role of lake was always important for the residents of region, so they used it for fishery, irrigation, sporting activities, recreation, tourism and the pasturage in limited extent. Some of the above activities are assembled in concrete regions of the lake and they do not propagated in all its extent, overloading the mentioned regions. Besides, the lake is trampled so much by the local institutions and by private individuals that are activated perimetrically her, causing alterations in her physiognomy with the period of time.

The human factor brings the serious responsibility for the fluctuation of water levels the last twenty years, the continuous pumping and the loss of rational plan for the re-establishment of the region, contributing to the current situation that prevails (quantitative water balance). The human factor is accountable also for the increase of pollutants that enters in the lake and increases further the phenomenon of eutrophication (qualitative water balance).

The reduction of the water level and the volume of the lake as well as the prevention of the renewal of the waters, makes clear that its enrichment with water is necessarily, because during the hydrologic year 1995 – 1996 the level of the lake dropped from + 542 to + 510.

The study period is during the years 1992 – 2002, and we can see that the balance of lake was different from the beginning of the decade. From the solution of the balance formula it has resulted that the underground flows of lake to the aquifer is an amount of  $60.106 \text{ m}^3$  for the hydrologic year of 1993 – 94.

For the other hydrologic years they parameters of the water balance were different and mainly for the years that the level of the lake were in higher altitudes, above the + 525 altitude. The last five–year period we can claim that the underground flows of Vegorititis is approximately an amount of  $5.106 \text{ m}^3$  annually.

The problem that is located in the lake Vegoritis is determined by the change of natural characteristics of the lake, the appearance of pollution and the change of her various characteristics, which had reduced the natural sizes of the lake. For example its area was 75 km<sup>2</sup> while today is only 45 km<sup>2</sup>, its depth was 85 m and now is approximately 48 m.

In conclusion we should mention that the situation of the lake is overload and is it time to take drastic measures for her re-establishment.